



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**SUPLEMENTAÇÃO DA DIETA DE FRANGOS COM CALCÁRIOS  
EXTRAÍDOS DE JAZIDAS DA REGIÃO SEMIÁRIDA DO  
NORDESTE BRASILEIRO**

**Lucas Notaro de Albuquerque**

**AREIA – PB  
FEVEREIRO - 2017**

# **SUPLEMENTAÇÃO DA DIETA DE FRANGOS COM CALCÁRIOS EXTRAÍDOS DE JAZIDAS DA REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO**

**Autor: Lucas Notaro de Albuquerque**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias (UFPB), como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Zootecnia.

**Comitê de orientação:**

Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva.

Prof. Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa.

Prof. Dr. Leonardo Augusto Fonseca Pascoal

**AREIA – PB**

**FEVEREIRO – 2017**

*Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da  
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, campus II, Areia - PB*

A345s    Albuquerque, Lucas Notaro de.

Suplementação da dieta de frangos com calcários extraídos de jazidas da região semiárida do nordeste brasileiro / Lucas Notaro de Albuquerque. – Areia - PB: CCA/UFPB, 2017.

xi, 41 f. : il

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

Bibliografia.

Orientador: José Humberto Vilar da Silva

1. Frangos de corte – Nutrição 2. Dieta de aves – Cálcio 3. Dieta de frangos – Fontes calcárias I. Silva, José Humberto Vilar da (Orientador) II. Título.

UFPB/BSAR

CDU: 636.5(043.3)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO**

**TÍTULO:** “Suplementação da dieta de frangos com calcários extraídos de jazidas da Região Semiárida do Nordeste Brasileiro”.


**AUTOR:** Lucas Netaro de Albuquerque

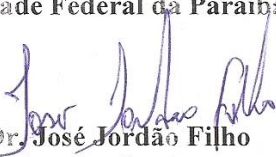
**ORIENTADOR:** Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva

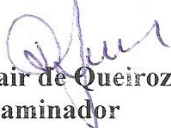
**JULGAMENTO**

**CONCEITO:** APROVADO

**EXAMINADORES:**

  
Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva  
Presidente  
Universidade Federal da Paraíba

  
Prof. Dr. José Jordão Filho  
Examinador  
Universidade Federal da Paraíba

  
Prof. Dr. Dijair de Queiroz Lima  
Examinador  
Universidade Estadual da Paraíba

Areia, 23 de fevereiro de 2017

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**LUCAS NOTARO DE ALBUQUERQUE** – Nascido em 01 de setembro de 1989, na cidade de Garanhuns – Pernambuco. Coursou o ensino fundamental e ensino médio no Colégio Santa Sofia (CSS) concluindo no ano de 2007, isso na cidade de origem. Em 2008 foi aprovado no processo seletivo, através do vestibular, e em 2009 começou o curso de Zootecnia na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Unidade Acadêmica de Garanhuns (UAG) na cidade de Garanhuns-PE, concluindo e obtendo o grau de Zootecnista no ano de 2014.2. No mesmo ano realizou seleção do mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias (UFPB) Areia – PB, ingressando no Mestrado em Zootecnia no ano seguinte, direcionando à área de atuação em produção e nutrição de não ruminantes. Concluindo o mesmo em fevereiro de 2017.

*Aos meus pais Antenor e Ana Maria*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar presente sempre em minha vida iluminando meus caminhos nos momentos de orações, que me deram muita força e coragem para não desistir dos meus objetivos;

Aos meus grandiosos pais por sempre estarem ao meu lado em todos os momentos;

A minha irmã Milena Notaro a qual tenho muito a agradecer pelos incentivos e preocupações. Agradeço, também ao meu irmão Antenor Neto e ao meu afilhado e sobrinho Leonardo Notaro;

Ao meu Orientador Professor José Humberto Vilar da Silva pelos ensinamentos e orientações;

Aos Professores Marcelo Luiz Gomes Ribeiro e José Jordão Filho, pela ajuda e confiança que depositaram em mim;

A Coordenação do PPGZ por ter proporcionado mais esta conquista profissional e pessoal em minha vida;

A empresa IMAP LTDA, pelo apoio na realização desta pesquisa, em especial ao presidente da empresa Sr. Arnaud Costa, ao Diretor Sérgio Costa e ao representante comercial José Mario Notaro;

A todos os membros do NEPAVES pela ajuda em todos os momentos da realização deste trabalho;

Aos meus amigos que participaram diariamente na luta durante os experimentos: Thiago Sousa, Aliton Nunes, João Pedro, Mario, Leandro, Flávio, Vaqueiro, Silvana, Nathali, Carol, Gabriele e todos aqueles que contribuíram de forma direta e indireta para realização deste trabalho, os meus mais sinceros agradecimentos;

Aos companheiros de moradia, Ricardo, Flavio, Magno e Jordanio.

Aos membros da banca de minha defesa, José Jordão Filho e Dijair de Queiroz Lima;

Ao CNPQ pela concessão da bolsa;

Aos laboratórios de Avicultura e Nutrição Animal do CCHSA/UFPB pelo apoio na execução e análises dos experimentos.

## Sumário

<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>14</b>
2.1 Caracterização da fonte calcária para uso na alimentação de frangos .....	14
2.2 Biodisponibilidade de cálcio e solubilidade do calcário .....	15
2.3 Cálcio na nutrição de frangos de corte .....	17
2.4 Metabolismo do cálcio .....	18
<b>3. MATERIAL E METÓDOS .....</b>	<b>21</b>
3.1 Local .....	21
3.2 Instalações, animais e dietas experimentais .....	21
3.3 Variáveis analisadas .....	23
3.3.1 Desempenho zootécnico .....	23
3.3.2 Característica de carcaça .....	24
3.3.3 Parâmetros ósseos .....	24
3.3.4 Biodisponibilidade relativa de cálcio nas fontes calcárias .....	25
3.3.5 Análise de granulometria dos calcários .....	26
3.3.6 Solubilidade e composição química dos calcários .....	26
3.3.7 Viabilidade econômica da alimentação .....	26
3.3.8 Análise Estatística .....	27
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>28</b>
4.1. Composição química dos calcários .....	28
4.2. Diâmetro Geométrico Médio, Desvio Padrão Geométrico e solubilidade <i>in vitro</i> do calcário .....	29
4.3. Desempenho e exigência de cálcio .....	31



<b>4.4. Características de carcaça .....</b>	<b>34</b>
<b>4.5. Parâmetros ósseos e exigência de cálcio .....</b>	<b>34</b>
<b>4.6. Biodisponibilidade relativa do cálcio nas fontes calcárias .....</b>	<b>39</b>
<b>4.7. Viabilidade econômica da alimentação .....</b>	<b>42</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>44</b>
<b>6. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>45</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Composição alimentar e nutricional da ração basal formulada para induzir a carência de cálcio em frangos de 8 a 21 dias de idade.....	22
<b>Tabela 2.</b> Composição química das fontes estudadas .....	29
<b>Tabela 3.</b> Médias de granulometria (DGM), uniformidade da amostra (DPG) e Solubilidade .....	30
<b>Tabela 4</b> Desempenho de frangos de corte 8 a 21 dias alimentados com rações contendo quatro fontes calcáreo em quatro níveis de cálcio .....	33
<b>Tabela 5.</b> Rendimentos de carcaça e peito, órgãos comestíveis e proventrículo de frangos de corte de 8 a 21 dias alimentados com quatro calcários e quatro níveis de cálcio na ração .....	34
<b>Tabela 6.</b> Resultados do Índice Seedor, resistência óssea, peso do osso e cinzas para frangos de corte 8 a 21 alimentados com quatro calcários e quatro níveis de cálcio na ração .....	35
<b>Tabela 7.</b> Equações, $R^2$ e exigências de cálcio para frangos de corte de 8 a 21 dias .....	36
<b>Tabela 8.</b> Equações, $R^2$ e biodisponibilidade de cálcio em calcários em frangos de corte 8 a 21 dias .....	39
<b>Tabela 9.</b> Viabilidade econômica da alimentação de frangos de corte de 08 a 21 dias de idade.....	42
<b>Tabela 10.</b> Fator de produção e viabilidade de frangos de corte 8 a 21 dias alimentado com ração contendo quatro fontes calcárias em quatro níveis de cálcio .....	43

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Fontes A, B, C e D de calcário.....	23
<b>Figura 2.</b> Regressões polinomiais da resistência óssea em frangos de 8 a 21 dias de idade em função dos níveis de cálcio das rações.....	37
<b>Figura 3.</b> Regressões lineares de peso final para frangos de 8 a 21 dias de idade em função dos níveis de cálcio das rações.....	41
<b>Figura 4.</b> Regressões lineares de resistência óssea em frangos de 8 a 21 dias de idade em função dos níveis de cálcio das rações.....	41
<b>Figura 5.</b> Regressões lineares do Índice Seedor de frangos de 8 a 21 dias de idade em função dos níveis de cálcio das rações.....	42

ALBUQUERQUE, L. N. **SUPLEMENTAÇÃO DA DIETA DE FRANGOS COM CALCÁRIOS EXTRAÍDOS DE JAZIDAS DA REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. UFPB. Areia-PB. Orientador: Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva.

## RESUMO

**Resumo:** Objetivou-se estimar as exigências e a disponibilidade biológica de calcários extraídos de jazidas do Nordeste brasileiro. Um total de 975 frangos machos da linhagem Cobb-500® foi pesado aos oito dias de idade,  $193 \pm 0,44$  g, e distribuídos em delineamento experimental inteiramente ao acaso em esquema fatorial  $4 \times 3 + 1$  (4 fontes calcárias x 3 níveis de cálcio + 1 nível basal de cálcio), resultando em treze tratamentos com cinco repetições de 15 aves. Foram estudadas amostras comerciais dos seguintes calcários: A. Carbonato de cálcio (origem metamórfica) com 38,9%  $\text{Ca}^{+2}$ , teoricamente, a fonte padrão com 100% de cálcio disponível; B. Calcário calcítico de origem sedimentar (IMAP®) com 41,82%  $\text{Ca}^{+2}$ ; C. Calcário calcítico de origem metamórfica (amostra 1) com 34,00% de  $\text{Ca}^{+2}$ , e, D. Calcário calcítico de origem metamórfica (amostra 2) com 35,90% de  $\text{Ca}^{+2}$  que substituíram o caulim na dieta basal para proporcionar níveis crescente de cálcio (0,40, 0,62, 0,84 e 1,06%). Foram determinadas as solubilidades *in vitro* em HCl a 0,2 N. Foram avaliados o desempenho e a resistência óssea da tíbia. As exigências de cálcio foram estimadas pela regressão polinomial e a disponibilidade pela técnica slope ratio technique. As médias das fontes foram avaliadas pelo teste de tukey ( $P \leq 0.05$ ). O ganho de peso e a resistência óssea da tíbia foram maiores ( $P \leq 0.05$ ) nos frangos recebendo a dieta com o calcário B, mas a conversão alimentar não foi alterada ( $P > 0.05$ ). O calcário B aumentou o consumo de ração comparado aos calcários A e D ( $P \leq 0.05$ ). As solubilidades médias dos calcários foram de 90,02, 56,31, 48,38 e 48,11%, enquanto as exigências médias de cálcio foram de 0,88, 0,75, 0,82 e 0,97%, e as disponibilidades médias de 100, 121, 83 e 74%, respectivamente, para as fontes A, B, C e D. A biodisponibilidade e a exigência de cálcio para frangos são afetadas pela origem do calcário. O cálcio do calcário B, de origem sedimentar, é mais disponível e sua inclusão na dieta inicial requer menos calcário e cálcio para atender as exigências dos frangos que as inclusões dos calcários A, C e D de origens metamórficas.

**Palavras chave:** desempenho, parâmetros ósseos, granulometria e solubilidade do calcário

ALBUQUERQUE, L. N. **SUPPLEMENTATION OF DIET OF CHICKENS WITH LIMESTONE EXTRACTED OF DEPOSITS OF SEMI ARID REGION OF NORTHEAST OF BRAZIL.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. UFPB. Areia-PB. Orientador: Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva.

## ABSTRACT

**Abstract:** The aim was to estimate the requirements and biological availability of calcium of limestones extracted from Brazilian Northeast deposits. A total of 975 male broilers (Cobb-500® strain) weighed at eight days of age,  $193 \pm 0.44$  g, and distributed in completely randomized design in  $4 \times 3 + 1$  factorial arrangement (4 limestone sources  $\times$  3 calcium levels + 1 basal calcium level), resulting in 13 treatments with five replications of 15 birds. Commercial samples of the following limestones were studied: A. Calcium carbonate (metamorphic origin) with 38.9%  $\text{Ca}^{+2}$ , theoretically the standard source with 100% of calcium available; B. Calcitic limestone of sedimentary origin (IMAP®) with 41.82%  $\text{Ca}^{+2}$ ; C. Calcitic limestone of metamorphic origin (sample 1) with 34.00%  $\text{Ca}^{+2}$ , and, D. Calcitic limestone of metamorphic origin (sample 2) with 35.90%  $\text{Ca}^{+2}$  that replaced kaolin from basal diet for provide increased calcium levels (0.40, 0.62, 0.84 and 1.06%). The *in vitro* solubilities were determined in 0.2 N HCl. The performance and bone resistance of tibia were evaluated. Calcium requirements were estimated by polynomial regression and availability by slope ratio technique. The source means were evaluated by tukey test ( $P \leq 0.05$ ). The WG and bone resistance of tibia were highest ( $P \leq 0.05$ ) in broilers receiving diet with limestone B, however, the FCR was not changed ( $P > 0.05$ ) The B limestone improved the FC in compare with the A and D limestones ( $P \leq 0.05$ ). The limestone average solubilities were 90.02, 56.31, 48.38 e 48.11%, while the calcium average requirements were 0.88, 0.75, 0.82 e 0.97%, and average availabilities were 100, 121, 83 e 74%, respectively for A, B, C and D limestones sources. The calcium bioavailability and requirement for broilers of 8 to 21 days of age are affected by the limestone origin. The B limestone calcium, of sedimentary origin, is more available and their inclusion in the initial diet requires less limestone and calcium to attend the broilers requirements than the inclusions of limestone A, C and D of metamorphic origins.

**Keywords:** Performance, bone parameters, granulometry and limestone solubility

## 1. INTRODUÇÃO

A competitividade da cadeia produtiva do frango depende da redução dos custos de produção e aumento das margens de lucros das empresas avícola. A alimentação dos frangos de corte é o item de maior impacto nos custos de produção destas aves, entretanto, com a chegada ao mercado das linhagens de conformação na metade dos anos 90, as empresas avícolas substituíram os programas de alimentações de três rações (NRC, 1994) pelos programas de cinco rações (Rostagno et al. 1996), visando obter melhor ajustamento nutricional com a genética do frango moderno.

A partir da implantação desses programas de alimentação de cinco rações, a fase inicial de criação, antes de 1 a 21 dias, foi subdividida em pre-inicial (1 a 7 dias) e inicial (8 a 21 dias), isto implicou em alterações nas recomendações nutricionais para os frangos de corte. Particularmente, o percentual de cálcio recomendado para o período de 8 a 21 dias caiu 16% (0,999 para 0,841%) em comparação com a recomendação para a fase inicial (Rostagno et al. 1996 e 2011). Segundo Angel (2011), esse frango moderno passou a crescer mais rápido, comparado ao frango de linhagem antiga, desta forma, as exigências de cálcio e de todos os nutrientes podem ter sido alteradas, o que torna, necessário realizar novos estudos para reavaliar as atuais recomendações nutricionais de cálcio e de outros nutrientes para os frangos.

Embora os frangos exijam pequenas frações dos minerais nas dietas, o cálcio e o fósforo são, entre todos, os mais abundantes no corpo das aves. Segundo Vilar da Silva e Pascoal (2014), o esqueleto retém cerca de 99% do cálcio e 80% do fósforo presente no corpo, o cálcio interage com o fósforo e outros minerais antes e após a digestão no trato digestivo. Portanto, o desequilíbrio na relação cálcio e outros minerais na dieta interfere na utilização do fósforo, magnésio, manganês, flúor e zinco. Portanto, na deficiência ou excesso de cálcio o desempenho dos frangos é comprometido, porque quando o cálcio é limitante a manutenção e o crescimento do tecido ósseo e funções como transmissão do impulso nervoso, coagulação sanguínea e contração muscular são afetada (Bertechini, 2012). O excesso de cálcio é antagônico a absorção e metabolismo do fósforo, manganês, magnésio, zinco, ferro e cobre.

Na deficiência de cálcio os pintos desenvolvem raquitismo e em frangos adultos osteomalacia, mas o excesso de cálcio em relação ao fósforo pode induzir a formação de

complexos insolúveis entre o cálcio e o fitato e cálcio e o fosforo (fosfato de cálcio) no intestino das aves com adsorção de traços de Mn, Zn Cu prejudicando o desempenho das aves (Pinheiro. 2009, Alves et al., 2002; Rao et al., 2003 e Schoulten et al., 2003). Por outro lado, vários fatores podem interferir nas exigências de cálcio para os frangos de corte, entre eles destacam-se a granulometria do calcário, a solubilidade e a disponibilidade biológica do cálcio. A granulometria e a textura da rocha calcária afetam diretamente a solubilidade *in vitro* e *in vivo* dos calcários e interferem na disponibilidade de cálcio para as aves (Zhang e Coon, 1997). As discrepâncias entre as recomendações de cálcio para frangos de corte do NRC (1994) de 1,00%, do manual da linhagem Cobb-500® (2015) 0,90% com Rostagno et al. (2011) 0,84%, respaldam a necessidade de atualização das exigências de cálcio para a fase inicial de frango de corte.

As pesquisas de novas fontes de cálcio têm sido relegadas a um segundo plano nos últimos 30 anos, em virtude da abundância na oferta e o baixo preço de mercado dos calcários. No entanto, segundo Angel (2011) é preciso conhecer mais sobre os impactos positivos e negativos do uso de novas fontes calcárias nas dietas e seus efeitos nas estimativas de exigências e disponibilidade de cálcio para frangos. Isto, já destaca quão pouco compreendem-se sobre as razões pelas quais as fontes de cálcio podem beneficiar melhor o desempenho dos frangos.

O Nordeste Brasileiro tem várias jazidas calcárias e existe uma demanda de conhecer melhor a qualidade dos calcários e a influência dos mesmos na biodisponibilidade e na exigência de cálcio para frangos de corte. Portanto, objetivou-se, com o presente trabalho, avaliar a biodisponibilidade relativa e a exigência de cálcio de diferentes fontes calcárias da região Nordeste em frangos de corte de 8 a 21 dias de idade.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Caracterização da fonte calcária para uso na alimentação de frangos

São conhecidos dois tipos de rochas de formação calcária, uma é a rocha sedimentar e outra é metamórfica, a primeira é formada pelo acúmulo de resíduos de outros tipos de rochas, especialmente os recifes de corais, conchas de moluscos, algas calcárias, equinodermas, briozoários, foraminíferos e protozoários. Estes são os principais depósitos provenientes de organismos sintetizantes do carbonato dissolvido em meio aquoso. Esses depósitos são gerados em ambiente marinho raso, de águas quentes, calmas e transparentes (Freitas, 2016). A rocha metamórfica é formada pelo metamorfismo do calcário sedimentar por meio de fatores geológicos, como pressão e temperatura e tal transformação aconteceu pelo aumento da pressão e consequentemente da temperatura, o que resultou no calcário cristalino.

O termo calcário é empregado geologicamente para caracterizar um grupo de rochas que apresentam em sua composição teores de carbonatos superiores a 50% (Moniz, 1983). Do ponto de vista prático, os calcários são classificados, quanto ao conteúdo de óxido de magnésio (MgO) em calcíticos, magnesianos e dolomíticos, com concentrações respectivas menores que 5%, entre 5 a 12% e maiores que 12%, (Koche et al., 1989).

As fontes minerais mais utilizadas na alimentação dos frangos são os calcários calcíticos e menos os dolomítico, também são usados o carbonato, sulfato e fluoreto de cálcio e fosfato bicálcico, sendo que essas fontes apresentam biodisponibilidade e solubilidades variáveis (Fialho et al., 1992). Os calcários calcíticos brasileiros apresentam em média 38% de cálcio e níveis abaixo de 3% de magnésio, sendo os mais indicados para uso na alimentação animal como fonte de cálcio, devido ao alto teor de cálcio e baixo teor de magnésio. Após a extração, o calcário calcítico é moído, dispensando qualquer tratamento antes do fornecimento aos animais (Bertechini, 2012).

A granulometria é um fator que afeta o aproveitamento de cálcio do calcário, considerando que os altos níveis de cálcio com granulometria fina, permitem uma elevada concentração desse mineral no trato gastrointestinal dos frangos de corte, prejudicando a absorção de vários microminerais (Bertechini, 2012). O pH ácido do proventrículo e

moela é um dos principais fatores responsáveis pela solubilização do cálcio, mais existem variações de pH ao longo do trato digestório (Walk et al. 2012).

O tamanho da partícula influencia o tempo de passagem do calcário, a solubilidade e, posteriormente, a absorção. Outro fator importante é a fonte do calcário que pode ser pouco solúvel, conter níveis acima dos permitidos de metais pesados apresentar variações nos níveis de cálcio, e alto teor de magnésio, além de diferentes características físico-químicas, que poderão limitar as respostas de desempenho do frango.

As diferenças no tamanho de partículas entre o calcário do tipo ostra e cristalino podem ser atribuídas, principalmente, à origem da jazida. A pedra calcária cristalina tem um formato hexagonal, enquanto a concha de ostra tem aparência plana e longa. As variações no tamanho das partículas dos calcários ocasionam diferenças no consumo de ração e ganho de peso, pois quando a granulometria (DGM) é maior, os frangos de corte e as galinhas têm a capacidade de diferenciar e selecionar partículas da dieta e com isto alterar a permanência da digesta na moela e o tempo de trânsito intestinal (Muniz et al., 2007).

O conhecimento dos valores de diâmetro geométrico médio (DGM) das partículas do ingrediente possibilita fazer correlações entre a granulometria do ingrediente, a digestibilidade do cálcio do calcário e a resposta de desempenho do frango de corte. O DPG corresponde ao desvio padrão geométrico, onde um menor DPG representa uma maior uniformidade da amostra (Zanotto e Bellaver, 1996).

O DGM ideal segundo Zanotto e Bellaver (1996) para frango de corte é de 850 a 1050 micras, no qual o animal tem o melhor rendimento de moagem do ingrediente, o DPG abaixo de 2% entra nas recomendações dos autores, ou seja, quanto menor o DPG mais uniforme é a amostra, melhor será o aproveitamento pelo animal. Krabbe et al., (2014) afirmam que a granulometria é muito variável entre amostras de calcários.

## **2.2 Biodisponibilidade de cálcio e solubilidade do calcário**

A biodisponibilidade de minerais a partir de diferentes fontes para os frangos e outras espécies animais deve estar intimamente ligada aos parâmetros biológicos, especialmente ao crescimento como ganho de peso. Há uma grande variedade de métodos

e critérios utilizados para esta determinação como desempenho zootécnico e digestibilidade dos minerais, entre outros (Vilar da Silva e Pascoal, 2014).

Segundo o NRC (1994) a biodisponibilidade de cálcio no calcário dolomítico varia de 50 a 75 %, enquanto no calcário calcítico situa-se próximo de 90%. Tais variações devem-se ao fato do calcário calcítico possuir cristais em camadas alternadas de íons cálcio e carbonato (calcita), enquanto, no calcário dolomítico o magnésio substitui parte do cálcio, resultando em cristais mais densos e menos solúveis, além do magnésio ser um mineral antagônico ao cálcio que influencia, o mecanismo de absorção intestinal. Sá et al, (2004) encontraram valores médios da disponibilidade relativa de cálcio, considerando-se todas as variáveis estudadas de 99,99% para o fosfato bicálcico, 84,67% para o calcário calcítico e de 75,28% para o calcário dolomítico.

Ao analisar calcários da região de Minas Gerais Krabbe et al. (2014) sugeriram com base nos resultados da solubilidade que os calcários precisam ser melhor avaliados pelas empresas fabricantes de alimentos, uma vez que mesmo amostras com partículas pequenas apresentara baixa solubilidade. Também, Zhang e Coon. (1997) relataram que quanto maior o tamanho da partícula menor será a solubilidade *in vitro* e que a maior solubilidade *in vitro* não é indicativo de uma alta solubilidade *in vivo* e melhor desempenho das aves. Os mesmos autores relatam que não é porque a solubilidade *in vitro* de um calcário é baixa, que a ave terá uma resposta de desempenho ruim.

As solubilidades *in vitro* de quatro tamanhos de partículas (3,3 a 4,7, 2,0 a 2,8, 1,0 a 2,0 e 0,5 a 0,8  $\mu\text{m}$ ) foram respectivamente 29,8, 45,8, 49,3 e 63,1% para o calcário A e, 36,3, 54,8, 57,7 e 67,6% para o calcário B, onde, o maior tamanho de partícula teve a menor solubilidade “*in vitro*”. O calcário A foi menos solúvel *in vitro* que o calcário B com semelhantes tamanhos de partícula. A baixa retenção na moela das pequenas partículas de calcário é causada pela rápida taxa de passagem dessas partículas pela moela, afetando o resultado da solubilidade “*in vivo*” (Zhang e Coon 1997). Rao e Roland (1992) também observaram que a baixa solubilidade *in vivo* dos calcários de partículas finas foi causada pelo tempo reduzido de retenção na moela ( $\emptyset < 0,84 \text{ mm}$ ).

### 2.3 Cálcio na nutrição de frangos de corte

O conhecimento da qualidade dos insumos utilizados nas rações de frangos de corte é de fundamental importância para o bom desempenho econômico na atividade. Neste contexto, as fontes minerais representam um grupo de insumos essenciais na dieta dos animais. Os minerais são classificados em dois grupos, os micros e os macrominerais. Esta classificação está relacionada com as concentrações desses elementos nos tecidos, que influenciam as suas necessidades orgânicas e dietéticas (Bertechini, 2012).

Os minerais têm funções no organismo na formação de tecidos, manutenção da homeostase dos fluidos orgânicos, manutenção do equilíbrio da membrana celular, ativação das reações bioquímicas por meio da ativação de sistemas enzimáticos, ação direta ou indireta sobre glândulas endócrinas, participação no processo de absorção e transporte de substâncias (MACARI et al., 2008) e constituem parte importante do organismo animal, representando de 3 a 4 % do peso vivo dos frangos. Nas rações de aves, as suplementações dos macros minerais representam de 3 a 4 % do custo das rações e dos microingredientes de 0,4 a 0,6 % para os microminerais (Bertechini, 2012).

Existem muitos calcários que podem ser aproveitados nas rações de frangos. A biodisponibilidade (absorção e utilização) desses calcários pode apresentar grandes variações de um produto para o outro e, as principais causas dessa variações na disponibilidade do cálcio nos calcários são a forma química, a idade e a espécie animal, nível de ingestão e interação dos minerais, com outros compostos da ração. Enquanto, os minerais como o sódio, cloro e potássio são completamente absorvidos, os microelementos, de maneira geral, apresentam baixíssima taxa de absorção, um exemplo disso é o manganês (McDowell, 1992).

A indústria de ração para frangos não tem dado a devida atenção para os desequilíbrios dos níveis de cálcio nas rações, o baixo custo e a abundância dos calcários pode ser uma explicação, no entanto este comportamento não tem justificativas nos resultados de campo em que o desequilíbrio dos níveis de cálcio nas rações reduz o desempenho zootécnico dos frangos de corte.

O cálcio é o mineral mais abundante no organismo da ave, sendo considerado um dos principais constituintes na formação óssea, tendo o papel fundamental no controle das funções celulares nos tecidos nervosos e muscular, participação na atividade hormonal e

na coagulação sanguínea, embora suas concentrações nos fluídos extra e intracelulares serem muito baixas. A deficiência ou excesso de cálcio pode reduzir as atividades cardíacas através dos aumentos da duração e da força de contração do músculo cardíaco (Macari et al., 2008).

O uso do calcário como fonte de cálcio está longe de ser adequadamente empregado nas granjas, isto devido, principalmente, falta de conhecimentos dos níveis verdadeiros de cálcio e de magnésio, granulometria, uniformidade do produto, solubilidade *in vitro* e *in vivo*, biodisponibilidade, além da possível presença de metais pesados nocivos à saúde animal e, conseqüentemente, a saúde humana.

Nas rações para ave, o cálcio pode ser suplementado na forma de carbonato de cálcio proveniente do calcário ou, até mesmo, do próprio calcário, existindo também outras fontes que podem ser utilizadas como a farinha de ostras e uma série de produtos quimicamente processados. De acordo com Reid & Weber (1972) as fontes de cálcio diferem em sua origem (deposição animal ou mineral) e em tamanho de partícula, resultando em características físico-químicas diferentes.

Geralmente, considera-se que o cálcio presente nos calcários seja igualmente disponível, entretanto é preciso ampliar os conhecimentos sobre a disponibilidade desse mineral em ingredientes como os calcários (Fialho et al., 1992).

## **2.4 Metabolismo do cálcio**

O fluxo de cálcio entre os líquidos extracelular e intracelular, através das membranas celulares específicas e membranas de organelas intracelulares é regulado por dois hormônios (paratireóideo e calcitonina), bem como, pelo 1,25 diidroxicolecalciferol, um produto do metabolismo da vitamina D, de modo que a absorção de cálcio é diminuída com a deficiência da vitamina D (Emil et al., 1988).

Como citada anteriormente, a absorção de cálcio depende da vitamina D, do hormônio paratireóideo (PTH) e da calcitonina. O fósforo é um antagonista o excesso de fósforo, afeta a absorção de cálcio e vice-versa. Existem várias inter-relações entre os elementos minerais que contribuem para a variação do grau de resposta fisiológica a níveis deficiente ou tóxicos. Na absorção dos minerais ocorre a inter-relação por antagonismo ou sinergismo. O antagonismo afeta a absorção dos outros minerais,

enquanto no sinergismo os elementos melhoram mutuamente a absorção no trato gastrointestinal e podem exercer a mesma função metabólica no tecido ou na célula. Essas relações podem ocorrer no lúmen intestinal, onde o excesso de cálcio pode afetar a solubilidade e a absorção de alguns minerais (Vilar da Silva e Pascoal, 2014).

O cálcio plasmático pode ser encontrado ligado a proteínas (albumina, globulina), a outros compostos orgânicos e também a fosfatos, sendo que metade de sua forma biodisponível se encontra dissociada (Vieites et al., 2004). A concentração de cálcio sanguíneo é mantida em limites sensíveis pela ação de alguns hormônios que controlam a absorção, a excreção e o metabolismo ósseo, como os hormônios paratireóideo e tirocalcitonina (Macari et al., 2002), este cálcio plasmático é essencial para a coagulação sanguínea, permeabilidade de membrana, excitabilidade neuromuscular, transmissão do impulso nervoso e ativação de sistemas enzimáticos e modulação de vários hormônios.

O cálcio, além de participar na formação de ossos e dentes, estar presente em dois tecidos ósseos, o reticulado e o lamelar, o primeiro presente na formação embrionária como, também atua no processo de restauração em situações de lesões do tecido ósseo. O segundo é responsável pela distribuição do colágeno no tecido ósseo (Emil et. 1988). Os mesmos autores relatam que existem duas células importante para o tecido ósseo, uma é responsável no processo de formação de colágeno e a outra pela reabsorção óssea que são, respectivamente, os osteoblastos e os osteoclastos.

Os alimentos de origem vegetal, normalmente, milho e soja que juntos somam cerca de 90% das rações dos frangos de corte possuem teores de cálcio em níveis insuficientes para suprir as exigências nutricionais. Desta forma, há necessidade de fazer uma suplementação de cálcio na dieta para atender as exigências dos frangos, ressaltando que a origem da fonte de cálcio pode afetar sua utilização, influenciar a mineralização óssea e o desempenho dos frangos (Guinotte et al., 1991; Sá et al., 2004).

As exigências dos frangos de corte em cálcio variam de acordo com a raça ou a linhagem, função ou categoria produtiva, sendo estabelecidas pelo método fatorial e o método dose-resposta experimental alimentar, constatando-se que a exigência para máxima mineralização óssea não é a mesma para o máximo crescimento corporal (McDOWELL, 1992).

O NRC (1994) recomenda 1,00 % de cálcio para frangos de 1 a 21 dias, enquanto o manual da linhagem Cobb-500® sugere 0,90% (1 a 10 dias) e 0,84% (11 a 22dias). No

entanto, as tabelas Brasileiras de Aves e Suínos, (Rostagno et al. 2011) preconizam a exigência de 0,84% de cálcio para frangos de 8 a 21 dias de idade.

Segundo Sá et al. (2004) mediante respostas biológicas das aves estes autores estimaram a exigência de cálcio de frango de 1 a 21 dias em 1,02%. Contudo, levando-se em consideração a resistência a quebra óssea, a exigência de cálcio para frangos de corte de 1 a 21 dias passou para 1,20%.

Um outro fator que interfere no aproveitamento de cálcio e o nível de fósforo nas dietas, pois o cálcio e o fósforo são elementos intimamente associados no metabolismo, ocorrendo no organismo combinados entre si na maioria das vezes, de modo que, a carência de um ou do outro na dieta limita o valor nutritivo de ambos (Maynard et al., 1984). Muitos fatores influenciam a utilização e o metabolismo do cálcio no organismo como, por exemplo, a relação cálcio e fósforo da dieta, a vitamina D, a disponibilidade biológica dos suplementos utilizados nas rações e a idade dos animais.

As deficiências ou excessos (desequilíbrio cálcio e fósforo) resultam em uma cascata de mudanças, incluindo o aumento ou decréscimo da absorção desses minerais no lúmen intestinal (Weglarz e Angel, 2013). A baixa digestibilidade do fósforo das fontes vegetais afeta a utilização do fósforo. Assim, surgiram várias formas de expressar o conteúdo de fósforo das dietas dos frangos, exemplos, fósforo total, fósforo disponível, fósforo não fítico e fósforo digestível com o ultimo representando melhor disponibilidade de fósforo. No entanto, nenhuma mudança em direção a utilização de cálcio digestível tem sido observada até a atualidade.

A quantidade de cálcio e fósforo excretada depende de diversos fatores, incluindo a fonte do nutriente, o nível dietético, nível hormonais, fase reprodutiva e pH sanguíneo. Frangos saudáveis sob condições normais de criação excretam menos 2 % de cálcio filtrado na urina, devido à ação do paratormônio como estimulante da reabsorção renal (Widman Junior, 1987).

### **3. MATERIAL E METÓDOS**

#### **3.1 Local**

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Avicultura do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA), Campus III da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), localizado na cidade de Bananeiras, Estado da Paraíba.

Este projeto seguiu os procedimentos de manejo e bem-estar animal prescritos pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) e foi registrado junto a este comitê com o número de protocolo 110/2017.

#### **3.2 Instalações, animais e dietas experimentais**

O estudo foi realizado em um galpão de alvenaria com um total de 975 pintos de corte machos, da linhagem Cobb-500® “Slow Feathering”, de 8 a 21 dias de idade. Nos primeiros sete dias, os pintos foram criados em pinteiro com cama de palha de arroz, aquecidos com campanula a gás e o fornecimento de água foi feito em bebedouro infantil tipo copo de pressão até três dias e, depois, foi usado bebedouro pendular. A ração pré-inicial foi oferecida em comedouro tubular infantil. O programa de luz adotado foi de 24 horas de luz (12 horas natural + 12 horas artificial).

Aos sete dias, os pintos foram pesados, peso vivo médio de  $193 \pm 0,44$  g, e distribuídos em um delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial  $4 \times 3 + 1$  (4 fontes calcárias x 3 níveis de cálcio + nível de cálcio basal) que resultou em 13 tratamentos, cada um com cinco repetições de 15 pintos. A densidade de criação utilizada foi a 10 aves/m<sup>2</sup> e o piso de cada boxe foi coberto com cama de casca de arroz (8 cm de espessura). Durante a fase experimental, as rações foram oferecidas à vontade em comedouro tubular e a água em bebedouro pendular.

O nível basal de cálcio (0,40 %) foi proporcionado exclusivamente pelo cálcio presente no milho, farelo de soja e fosfato bicálcico (Tabela 1) e, exceto o cálcio, os demais nutrientes da dieta de nível basal atendiam as exigências nutricionais de frangos



de corte de 8 a 21 dias de idade (Rostagno et al., 2011). As quatro fontes calcárias (Figura 1) foram codificadas de seguinte forma: A= carbonato de cálcio (origem metamórfica), B calcário de origem sedimentar (IMAP®), C= calcário origem metamórfica (amostra 1) e D= calcário de origem metamórfica (amostra 2) e foram adicionadas em níveis crescentes nas dietas, em substituição ao caulim, para proporcionar quatro níveis de cálcio nas dietas (0,40, 0,62, 0,84 e 1,06%).

**Tabela 1.** Composição alimentar e nutricional da ração basal formulada para induzir a carência de cálcio em frangos de 8 a 21 dias de idade

<b>Ingredientes (kg)</b>	<b>Quantidade/ton</b>
Milho Grão (7,92%)	509,15
Farelo de Soja (45%)	367,40
Calcário Calcítico	0,00
Fosfato Bicálcico	12,18
Fosfato Monoamônio	2,46
Óleo de Soja	75,00
DL-Metionina	3,46
L-Lisina ·HCl	2,78
L-Treonina	1,18
Cloreto de Colina (60%)	0,80
Premix Mineral <sup>1</sup>	0,50
Premix Vitaminico <sup>2</sup>	0,50
Sal Comum	4,74
Coccidiostático <sup>3</sup>	0,10
BHT <sup>4</sup>	0,10
Bacitracina de Zinco <sup>5</sup>	0,15
Caulim <sup>6</sup>	19,50
<b>TOTAL</b>	<b>1000,00</b>
<b>Composição Química</b>	
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3.050
Proteína bruta (%)	21,20
Cálcio (%)	0,40
Fósforo Disponível (%)	0,40
Lisina Digestível (%)	1,25
Metionina Digestível (%)	0,61
Metionina + Cistina Digestível (%)	0,90
Treonina Digestível (%)	0,81
Triptofano Digestível (%)	0,24
Sódio (%)	0,21
Cloro (%)	0,33
Potássio (%)	1,17

<sup>1</sup> Premix Mineral (concentração/kg de produto): Mn - 60 g; Fe - 80 g; Zn - 50 g; Cu - 10 g;

Co - 2 g; I - 1 g e Se - 250 mg. Quantidade suficiente para 500 g do veículo.

<sup>2</sup>Premix Vitaminico (concentração/kg de produto): Vit. A - 15 mil UI; Vit. D<sub>3</sub> - 1,500,000 UI; Vit. E - 15mil UI; Vit.B<sub>1</sub> - 2.0 g; Vit. B<sub>2</sub> - 4.0 g Vit. B<sub>6</sub> - 3.0 g; Vit. B<sub>12</sub> - 0015 g,

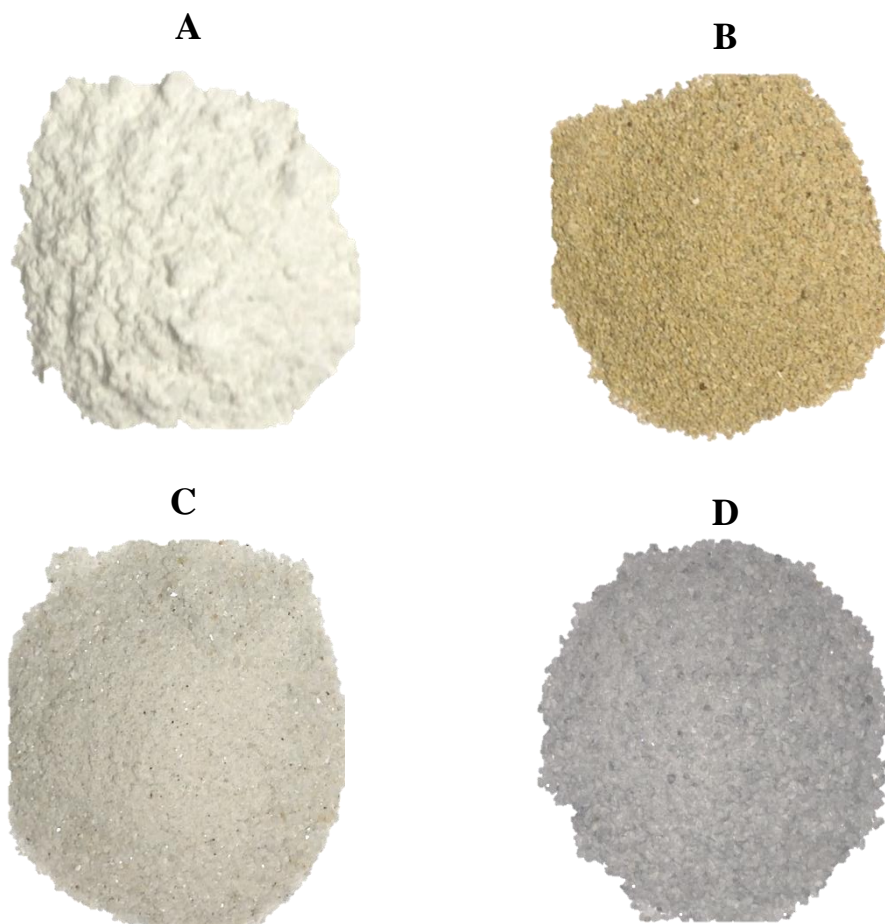
ácido nicotínico - 25 g, ácido pantatênico - 10 g; Vit.K<sub>3</sub> - 3.0 g, ácido fólico - 1.0 g;

<sup>3</sup>Coccidiostático = Poulcox 10% (Monensina Sódica) 100g/ton

<sup>4</sup>Antioxidante = BHT (Butil Hidroxitolueno) = 100 g/ton; Quantidade suficiente para 1000 g de veículos;

<sup>5</sup>Bacitracina de zinco= 10g/ton

<sup>6</sup>Caulim= inerte



**Figura 1.** Fontes A, B, C e D de calcário.

### 3.3 Variáveis analisadas

#### 3.3.1 Desempenho zootécnico

Os pintos foram alimentados com ração e água à vontade e o consumo de ração foi calculado pela diferença entre o fornecimento e as sobras recolhidas, as pesagens foram realizadas semanalmente.

O peso final (kg/ave), foi o peso obtido no final do experimento, enquanto o ganho de peso (kg/ave) foi calculado pela diferença entre o peso final e o peso inicial médio de cada parcela experimental. A conversão alimentar (kg/kg) foi a relação entre o consumo de ração médio pelo ganho de peso e a eficiência alimentar (kg/kg) foi calculada pela relação inversa à conversão alimentar, ou seja, a divisão do ganho de peso pelo consumo de ração.

### **3.3.2 Característica de carcaça**

Aos 21 dias foram selecionado dois frangos de acordo com o peso médio de cada parcela para serem abatidos. O abate foi realizado, após jejum médio de 8 horas, por deslocamento cervical seguindo as normas da Comissão de Ética no Uso de Animais em Experimentos da UFPB (CEUA-UFPB). As aves foram depenadas, evisceradas e retiradas a cabeças e pés para pesagem e rendimento de carcaça em relação ao peso vivo das aves. Em seguida, foram realizados os cortes para calcular os rendimentos de peito e vísceras comestíveis (moela, coração e fígado), gordura abdominal e proventrículo. O rendimento de carcaça foi calculado pela relação do peso da carcaça com o peso vivo.

### **3.3.3 Parâmetros ósseos**

Após o abate, as tíbias direitas e esquerdas foram separadas e as primeiras utilizadas na avaliação do índice Seedor (IS) e resistência óssea (RO, kgf) ficando as segundas armazenadas em freezer (-18°C) para fazer a determinação de porcentagem de cinzas. Antes das análises, as amostras das tíbias foram descongeladas, fervidas em água para retiradas das cartilagens, lavadas com água destilada e armazenadas para realização das análises de laboratório.

O índice Seedor, um indicador indireto da densidade óssea foi calculado, pela divisão do peso da tíbia direita pelo seu comprimento (mm), conforme metodologia descrita por Seedor (1991).

A resistência óssea foi determinada em aparelho universal de teste TA-XT Plus Stable Micro Systems (Surrey, UK) equipado com célula de carga de 50 kg e velocidade de 50 mm/min, o acessório para fratura 3 POINT BEND RIG (HDP/3PB), Stable Micro

Systems, foi regulado para permitir que o vão livre da diáfise fosse de 3,0 cm (Park et al., 2003).

Os teores percentuais de cinzas foram determinados em amostra de tibia descarnada. A amostra da tibia foi colocada em estufa a 105°C por 24 horas, após este período, foi colocada em tubos “reboiler” e mergulhada em éter para extração da gordura. O éter foi renovado duas vezes num período de cinco dias, decorrido este tempo, a tibia foi removida do éter e levada para estufa a 105 °C por um período de 24 horas, para determinação da matéria desengordurada. Após, a tibia foi triturada, homogeneizada colocadas em cadinho e levada para mufla a 600°C por 6 horas, em seguida, esfriada em dessecador, pesada e finalmente determinada a porcentagem de cinza (Silva e Queiroz, 2012).

Aos 21 dias de idade, foram avaliadas as ocorrências de discondroplasia tibial (DT) e de degeneração femoral (DF) nos frangos. O diagnóstico da DT foi feito com o corte em diagonal da região medial da cabeça da tibia, adotando-se escore descrito por Mendonça (1990). No diagnóstico da DF o fêmur foi deslocado do acetábulo, em seguida, a avaliação visual e a classificação foram feitas de acordo com o escore descrito por ALMEIDA PAZ ICL (2008).

### **3.3.4 Biodisponibilidade relativa de cálcio nas fontes calcárias**

A biodisponibilidade relativa de cálcio nas fontes calcárias foi estimada de acordo com Euclides e Rostagno (2001), por intermédio das variáveis peso final, índice Seedor e resistência óssea. Essas variáveis foram consideradas como variáveis dependentes (y) e os níveis de cálcio das quatro fontes calcárias como variável independente (x) das equações de regressões lineares.

A fonte A, o carbonato de cálcio foi considerada como padrão com cálcio, teoricamente, 100% biodisponível. A disponibilidade relativa do cálcio nas fontes calcárias (B, C e D) foram estimadas pela relação dos coeficientes das regressões lineares, utilizando-se a técnica “Slope Ratio” proposta por Finney (1968).

### 3.3.5 Análise de granulometria dos calcários

O diâmetro geométrico médio (DGM) e o desvio padrão geométrico (DPG) dos calcários foram estimados seguindo a metodologia descrita por Zanotto e Bellaver (1996). Foram pesadas 500 g de cada amostra de calcário e levadas a estufa a 120 °C para secagem durante 12 horas. Em seguida, pesou-se todas as amostras de calcário e as peneiras com a numeração da ABNT (nº 5, 14, 20, 25, 30, 50 e o prato), com as micras de 4000, 1410, 840, 710, 595, 297 e 37 do prato, após, as peneiras contendo 500 g de amostra do calcário foram montadas e o no aparelho agitador foi acionado por 10 minutos. As peneiras foram retiradas e a quantidade de amostra retida, em cada peneira, foi digitada no aplicativo Granulcalc da Embrapa Suínos e Aves, equipado com planilha e gráficos eletrônicos demonstrativos, para executar os cálculos do DGM e do DPG.

### 3.3.6 Solubilidade e composição química dos calcários

A solubilidade *in vitro* dos calcários foi determinada pelo método citado por Zhang e Coon (1997). Utilizou-se um banho maria, aquecido a 42 °C, em seguida, colocaram-se beakers (400 mL) no banho maria, cada um contendo 200 mL de uma solução de 0,2 N de HCl, que permaneceu por 15 minutos até a temperatura atingir 42 °C. Após, adicionaram-se 2 g de cada amostra de calcário por becker e, decorrido o tempo de 10 minutos em banho maria (80 Hz), o resíduo foi filtrado em papel de filtro (No. 41) e levado à estufa a 60 °C durante 20 horas. Depois a amostra retida foi pesada e usada no cálculo da solubilidade em relação ao peso de amostra inicial. A solubilidade *in vitro* da amostra foi expressa em porcentagem.

### 3.3.7 Viabilidade econômica da alimentação

As análises de viabilidade econômica foram realizadas conforme metodologia descrita por Togashi (2004). A renda bruta média (RBM) é o valor em reais (R\$) obtido em função do peso médio vivo (PMV) multiplicado pelo preço do quilograma do frango (PF). O custo médio de arração (CMA) é o custo total relativo ao consumo de ração (CR) em todas as fases de criação multiplicado pelo custo da ração em cada fase de criação. No entanto, a margem bruta média (MBM) é a diferença entre a renda bruta

média (RBM) e os custos com alimentação e a rentabilidade média (RM) é a divisão entre a margem bruta média (MBM) e o custo médio de alimentação multiplicada por cem (100). O índice relativo de rentabilidade (IRR) é a relação entre a rentabilidade média (RM) dos tratamentos e a rentabilidade média do tratamento controle.

O custo da ração (CR, R\$/kg) foi calculado de acordo com o preço de mercado vigente dos ingredientes, considerando os preços dos calcários utilizados.

Os pesos médios vivos, preços do frango, custos das rações e os consumos das rações foram utilizados nos cálculos das viabilidades econômicas. Os valores em reais (R\$) utilizados para os cálculos foram baseados no preço médio do kg de frango comercializado na região onde foi realizado o experimento, conforme valores abaixo:

Peso médio vivo= 0,864 kg;

Preço do frango= 3.50R\$/kg;

Custo da ração= 1,549R\$/;

Consumo de ração= 1,005kg/ave.

Foi calculado também o fator de produção (FP), um indicador da eficiência produtiva dos lotes de frangos de corte utilizado pela indústria avícola para remunerar os integrados, da seguinte forma:

$$FP = \frac{\% \text{ de viabilidade} \times \text{ganho de peso médio diário (kg/ave/dia)} \times 100}{\text{Conversão alimentar.}}$$

Onde: A viabilidade = 100 - % da mortalidade.

### **3.3.8 Análise Estatística**

As variáveis experimentais foram avaliadas pelo teste F ( $P \leq 0,05$ ) e os graus de liberdade (GL) dos tratamentos foram desdobrados nos modelos linear, polinomial e cúbico. Na escolha do modelo de regressão para interpretação dos resultados das

exigências, considerou-se o nível de significância, o melhor ajustamento das curvas ( $R^2$ ) e a resposta biológica dos frangos de corte em função da concentração de cálcio na dieta (Euclydes e Rostagno, 2001). As médias dos fatores principais foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, através do programa SAS (SAS Intitute, 2009).

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Composição química dos calcários**

Os teores de cálcio dos calcários A, B, C e D foram de 38,88, 41,82, 34,00 e 35,90%, de oxido de magnésio foram 1,40, 0,41, 1,39 e 1,27%, e magnésio foram 0,85, 0,25, 0,84 e 0,77% respectivamente (Tabela 2). Exceto o calcário B que apresentou 41,82% de cálcio e os calcário C e D com valores de 34 e 35,9%, o calcário A tinha nível de cálcio (38,88%) semelhante à média dos calcários brasileiros.

Os teores de cálcio e oxido de magnésio são os principais indicadores de caracterização dos calcários como calcíticos, dolomíticos ou magnesianos. Segundo Bertechini e Fassani (2001) o calcário dolomítico tem teor de óxido de magnésio (MgO) acima de 12 %, calcário magnesiano apresenta teor de MgO de 5 a 12 % e o calcário calcítico tem menos de 5 % de MgO. Atualmente os calcários são comercializados com diversos valores abaixo de 5 % de MgO. Os mesmos autores proporam que os calcários calcíticos devem apresentar concentração de Mg abaixo de 3% para serem utilizados nas rações sem comprometer o desempenho dos animais. Fassani et al. (2004) também classificaram como calcário calcítico as fontes que tinha 37,75% de cálcio e 0,18% de magnésio.

Além do cálcio, o teor de magnésio é um dos pontos mais críticos na classificação de um calcário como calcítico ou apropriado para alimentação animal. Um dos motivos do magnésio ser tão importante foi demonstrado por Barton (1996) que concluiu ser o excesso de magnésio um dos fatores que piora a conversão alimentar, a viabilidade e aumenta as condenações de carcaça em frangos e perus.

**Tabela 2.** Composição química das fontes estudadas

Fontes	%		
	Cálcio	Oxido de Magnésio	Magnésio
A	38,88	1,40	0,85
B	41,82	0,41	0,25
C	34,00	1,39	0,84
D	35,90	1,27	0,77

Os teores de metais pesados presentes nos calcários (cádmio, chumbo, cobre e níquel), ficaram abaixo dos níveis mínimos aceitáveis conforme a AAFCO (2006). A boa qualidade de um calcário para as aves também depende das baixas concentração desses elementos, em virtude de níveis muito elevados dos mesmos serem tóxicos para as aves. Segundo Vodela et al. (1997) o consumo de altos níveis de cádmio e de chumbo deprimem os consumos de água e de ração, além do ganho de peso em frangos. Pritzl et al. (1974) observaram atrofia de fígado, hipertrofias de moela em 100% do plantel, proventrículo flácido e pouco desenvolvido, quando as galinhas consumiram altos teores de cádmio na dieta.

O chumbo também é um dos elementos que deprime o desempenho das aves. Bakkalli et al, (1995), afirmaram que adições de chumbo à dieta aumentam os níveis de chumbo no sangue, rim, fígado e tibia. No entanto, o chumbo é tóxico para frangos em nível muito mais baixo que o previamente reconhecido. Klabbe et al, (2014), estudaram a presença de metais pesados em calcários da região de Minas Gerais e encontraram níveis de flúor acima do normal. Pode-se perceber que os metais pesados em níveis maiores que o recomendado pode prejudica o metabolismo dos frangos de corte

#### **4.2. Diâmetro Geométrico Médio, Desvio Padrão Geométrico e solubilidade *in vitro* do calcário**

O carbonato de cálcio (fonte A) apresentou menor DGM (242  $\mu\text{m}$ ) e pior DPG (2,02) entre as fontes calcárias. A fonte B apresentou DGM de 1.013  $\mu\text{m}$  e DPG de 1,30, enquanto a fonte C apresentou DGM de 1.402  $\mu\text{m}$  e DPG de 1,87 e a fonte D mostrou DGM de 1.840  $\mu\text{m}$  e DPG de 1,65 (Tabela 3).



Os menores valores de DGM apresentados pelo calcário B indicam menor tamanho e melhor homogeneidade das partículas deste calcário em relação aos calcários C e D. Os resultados de DPG dos calcários B, C e D estão abaixo do valor máximo de 2 que classifica um calcário como de alta homogeneidade de partícula (Zanotto et al., 2013), ao contrário dos calcários C e D, o calcário B foi o único apresentar DGM dentro da faixa de 850 a 1050 micras prescrita por Zanotto et al. (2013) como ideal para frangos de corte.

**Tabela 3.** Médias de granulometria (DGM), uniformidade da amostra (DPG) e Solubilidade

Fonte	<sup>1</sup> DGM (µm)	<sup>2</sup> DPG	Solubilidade (%)
A	242	2,02	90,02
B	1013	1,30	56,31
C	1840	1,65	48,38
D	1402	1,87	48,11

<sup>1</sup>DGM Diâmetro geométrico médio

<sup>2</sup>DPG Desvio padrão geométrico

Essas variações nas granulometrias e nos desvios padrões geométricos entre os calcários B, C e D podem estar relacionadas as diferentes durezas das rochas calcárias. A matriz da rocha do calcário B foi classificada como sedimentar ou de dureza baixa ( $\leq 2,5$  mohs), resultado da deposição de conchas ou ostras marinhas, enquanto que a rocha dos calcários C e D foi classificada como metamórfica ou de matriz de dureza média ( $>2,5$  e  $\leq 5,5$  mohs).

O carbonato de cálcio, a fonte A, apresentou o mais alto percentual de solubilidade *in vitro* (90,02%) comparado ao calcário B, C e D, que apresentaram respectivamente solubilidades de 56,31, 48,38 e 48,11%. Estes resultados podem ser explicados parcialmente pelas diferenças de granulometria entre os calcários, em que, o calcário A apresentou a menor granulometria média e o maior percentual de solubilidade, seguido do calcário B, entretanto, o calcário D apresentou menor tamanho médio de partícula que o calcário C e foi menos solúvel. Contribui para estas divergências aos resultados entre os calcários C e D a origem da jazida e, não somente a granulometria do calcário conforme sugerido Zhang e Coon. (1997). Segundo Fassani et al. (2004) a solubilidade *in vitro* de um calcário varia conforme a origem geográfica da jazida.

Portanto, os diferentes graus de metamorfismo das rochas calcárias das fontes C e D é a melhor explicação para essas divergências de solubilidades e tamanho de partículas entre estas duas fontes.

Segundo Melo e Moura. (2009) a solubilidade *in vitro* é um parâmetro indicativo de qualidade de um calcário, porque apresenta alta correlação com absorção intestinal e a biodisponibilidade de cálcio. No entanto, existem controversas entre os resultados da solubilidade *in vitro* e *in vivo*, de modo que, Zhang e Coon. (1997) comentaram que uma maior solubilidade *in vitro* de um calcário não seria indicativo de uma alta solubilidade *in vivo* e melhor desempenho das aves.

Recentemente Silva. (2017) corroborou a informação de Zhang e Coon. (1997) ao fornecer três fontes calcárias com granulometria fina, média, pedrisco e grossa para frango de corte, constatou que os melhores desempenhos foram obtidos com a granulometria pedrisco de 8 a 21 dias e grossa de 33 a 42 dias.

Zhang e Coon. (1997) atribuíram este resultado ao maior tempo de retenção dos calcários, pedriscos no papo, moela e proventrículo de galinhas e, que, ao contrário, os calcários finos de alta solubilidade eram retidos por pouco tempo nestas porções pré-intestinais. Silva. (2017) comentou que em decorrência da rápida solubilidade, ocorreu um pico de cálcio no lúmen intestinal com formação de complexos insolúveis, contribuindo para reduzir a absorção intestinal de minerais como fósforo, zinco, cobre, enxofre e manganês. Segundo Waldroup. (1996) existe um equilíbrio na suplementação mineral, o mesmo quando inadequado durante a fase de crescimento terá como consequência o desequilíbrio na homeostase mineral e desenvolvimento inapropriado da calcificação dos ossos das aves. No entanto, Vilar da Silva e Pascoal. (2014) comentaram que o cálcio em excesso pode agir como antagonista dificultando a absorção de fósforo, ferro, cobre, zinco, sódio, potássio e magnésio.

#### **4.3. Desempenho e exigência de cálcio**

Não houve efeito de interação entre os calcários e o nível de cálcio para nenhuma das variáveis de desempenho. Entretanto, a fonte B propiciou os maiores peso final e ganho de peso comparado aos calcários A, C e D ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 4). Não houve efeito das fontes em relação a conversão alimentar, eficiência alimentar e viabilidade dos

frangos ( $P > 0,05$ ). O consumo de ração dos frangos recebendo o calcário B foi maior do que aquele dos frangos recebendo os calcários A e D ( $p \leq 0,05$ ), porém o consumo dos frangos alimentados com o calcário B não deferiu do consumo dos frangos consumindo o calcário C.

O aumento dos níveis de cálcio dietético a partir da suplementação da dieta basal com o calcário A aumentou de forma quadrática o peso final ( $\hat{Y} = 0,8960 + 0,4109x - 0,2531x^2$ ;  $R^2=0,86$ ), e o ganho de peso ( $\hat{Y} = 0,6981 + 0,4260x - 0,2634x^2$ ;  $R^2=0,82$ ), ambos até o nível de 0,81% de cálcio na ração ( $P \leq 0,05$ ).

O calcário B afetou de forma quadrática a exigência de cálcio pelo peso final ( $\hat{Y} = 0,6686 + 1,2430x - 0,7903x^2$ ;  $R^2=0,87$ ), ganho de peso ( $\hat{Y} = 0,4833 + 1,1741x - 0,7696x^2$ ;  $R^2=0,86$ ), conversão alimentar ( $\hat{Y} = 1,4848 + 1,0216x - 0,7128x^2$ ;  $R^2=0,99$ ) e eficiência alimentar ( $\hat{Y} = 0,6704 + 0,6592x - 0,4721x^2$ ;  $R^2=0,98$ ) com valores estimados, respectivamente, de 0,76, 0,76, 0,72 e 0,70% de cálcio ( $P \leq 0,05$ ). Quanto ao calcário C as exigências de cálcio estimadas pelo peso final ( $\hat{Y} = 0,8799 + 0,4698x - 0,2841x^2$ ,  $R^2=0,72$ ) e pelo ganho de peso ( $\hat{Y} = 0,6800 + 0,4876x - 0,2944x^2$ ,  $R^2=0,76$ ) foram iguais em 0,83%.

Como observado a fonte calcária afeta as estimativas de exigência de cálcio. Segundo Angel (2011) é preciso conhecer melhor os impactos positivos e negativos das fontes calcárias nas dietas e seus efeitos nas estimativas de exigências e biodisponibilidade de cálcio para frangos de corte.

As médias das exigências estimadas pelas variáveis de desempenho para os calcários A B C foram, respectivamente, de 0,81, 0,74 e 0,83% de cálcio. As estimativas de exigência de cálcio obtidas com o calcário A (0,81%) e o calcário C (0,83%) se aproximaram da recomendação de 0,84% de cálcio sugeridas por Rostagno et al (2011) para frangos de 8 a 21 dias de idade e do Manual da Linhagem Cobb-500® de 0,84% para a fase de 11 a 22 dias. Contrariando os valores estimado no presente estudo Sá et al. (2004) sugeriram 1,02% de cálcio e Cabral. (1999) 1,05% de cálcio para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. Da mesma forma o NRC. (1994) sugere 1,00% de cálcio na ração para frangos de 1 a 21 dias. Essas controvérsias nas recomendações de cálcio na literatura justificam a necessidade de conhecer melhor a influência dos calcários nas exigências de cálcio, não somente de 8 a 21 dias, mas em todas as fases de criação dos frangos de corte.

O nível basal (0,40%) reduziu o consumo, peso final, ganho de peso e fator de produção em relação ao nível 0,62% de cálcio. Semelhante aos resultados do presente trabalho, Walk et al. (2012) comparando uma fonte altamente solúvel de cálcio extraída de algas marinhas com o calcário calcítico, concluíram que a exigência de cálcio para os frangos de 1 a 21 dias foi inferior a 0,90% quando a fonte mais solúvel de cálcio foi avaliada.

Excesso de cálcio na ração também reduziu o desempenho e piorou a resistência a quebra da tíbia, provavelmente, por motivos diversos da deficiência de cálcio. Edwards e Veltmann. (1992) reportaram que a retenção de cálcio foi maior nos tratamentos que continham menor teor de cálcio dietético.

**Tabela 4** Desempenho de frangos de corte 8 a 21 dias alimentados com rações contendo quatro fontes calcário em quatro níveis de cálcio

Nível Ca (%)								
Fonte	Consumo de Ração (kg)					Efeito	P-value	CV <sup>3</sup> (%)
	0,40 <sup>4</sup>	0,62	0,84	1,06	Média			
A		0,999	0,981	0,946	0,955c	ns	0,1450	6,42
B		1,038	1,026	1,041	1,035a	ns	0,2710	
C		1,021	1,021	1,009	1,017ab	ns	0,2055	
D		0,982	0,992	0,974	0,983bc	ns	0,5069	
Média	0,963b	1,077a	1,060 <sup>a</sup>	1,048a				
Peso Final (kg)								
A		1,062	1,054	1,050	1,055b	Q <sup>1</sup>	0,0626	2,99
B		1,132	1,102	1,064	1,099a	Q	0,0001	
C		1,078	1,058	1,064	1,067b	Q	0,0656	
D		1,035	1,025	1,014	1,025c	ns <sup>2</sup>	0,3316	
Média	1,017b	1,077a	1,060 <sup>a</sup>	1,048a				
Ganho de Peso (g)								
A		871	860	852	861b	Q	0,0270	3,55
B		936	906	870	904a	Q	0,0001	
C		884	867	854	868b	Q	0,0103	
D		842	834	818	831c	ns	0,2109	
Média	0,823b	883a	867ab	0,849b				
Conversão Alimentar (kg/kg)								
A		1,147	1,139	1,109	1,132a	ns	0,8932	6,23
B		1,123	1,132	1,202	1,152a	Q	0,0481	
C		1,155	1,182	1,183	1,173a	ns	0,7892	
D		1,165	1,189	1,192	1,182a	ns	0,9020	
Média	1,170a	1,148a	1,161 <sup>a</sup>	1,172a				
Eficiência Alimentar (kg/kg)								
A		0,872	0,878	0,902	0,884a	ns	0,8084	6,11

B	0,902	0,887	0,840	0,876a	Q	0,0380
C	0,867	0,850	0,847	0,855a	ns	0,7719
D	0,865	0,842	0,841	0,849a	ns	0,8393
<b>Média</b>	<b>0,857a</b>	<b>0,877a</b>	<b>0,864<sup>a</sup></b>	<b>0,858a</b>		

<sup>1</sup>Q= quadrático; <sup>2</sup>ns= não significativo; <sup>3</sup>CV= coeficiente de variação; <sup>4</sup>0,40= nível da ração basal

#### 4.4. Características de carcaça

Não houve efeito de interação e os níveis de cálcio e as fontes calcárias não influenciaram o rendimento de carcaça ( $P > 0,05$ ), mas o rendimento de peito do calcário D foi o mais baixo entre todas as fontes calcárias ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 5). Sousa et al. (2015) também não encontraram efeito significativo dos níveis crescentes de cálcio na ração no peso da moela em frangos até 21 dias.

**Tabela 5.** Rendimentos de carcaça e peito, órgãos comestíveis e proventrículo de frangos de corte de 8 a 21 dias alimentados com quatro calcários e quatro níveis de cálcio na ração

	<b>Carcaça</b>	<b>Peito</b>	<b>Coração</b>	<b>Fígado</b>	<b>Moela</b>	<b>Proventrículo</b>
	<b>%</b>					
<b>Fonte</b>	<b>Média</b>					
A	69,61a	34,80a	0,72b	3,16a	2,70a	0,68 <sup>a</sup>
B	70,49a	35,03a	0,87a	3,11a	2,75a	0,65 <sup>a</sup>
C	70,08a	34,77a	0,80b	3,04a	2,65a	0,58b
D	69,90a	33,68b	0,78b	3,14a	2,73a	0,67 <sup>a</sup>
<b>Nível</b>	<b>Média</b>					
0,40	70,00a	34,43a	0,78 <sup>a</sup>	2,96a	2,65a	0,65 <sup>a</sup>
0,62	70,30a	34,55a	0,77 <sup>a</sup>	3,06a	2,70a	0,67ab
0,84	69,75a	34,44a	0,78 <sup>a</sup>	3,10a	2,67a	0,66 <sup>a</sup>
1,06	69,98a	34,70a	0,81 <sup>a</sup>	3,18a	2,73a	0,60b
<b>CV%</b>	3,52	4,81	17,73	10,1	9,53	18,71

#### 4.5. Parâmetros ósseos e exigência de cálcio

Ocorreu interação significativa ( $P \leq 0,05$ ) entre as fontes e os níveis de cálcio para o índice Seedor, resistência óssea e peso da tíbia (Tabela 6).

Considerando apenas o nível de 0,62% de cálcio, o índice Seedor, resistência óssea e peso da tíbia dos frangos alimentados com a dieta contendo o calcário B superaram ( $P \leq 0,05$ ) os resultados dessas variáveis apresentados pelos frangos que receberam as dietas com os demais calcários (A, C e D). No nível de 0,84% os calcários A, B e D aumentaram o peso de tíbia em relação ao calcário C ( $P \leq 0,05$ ), mas no nível de 1,06% de cálcio somente o calcário A aumentou a resistência óssea em comparação com o demais calcários ( $P \leq 0,05$ ).

**Tabela 6.** Resultados do Índice Seedor, resistência óssea, peso do osso e cinzas para frangos de corte 8 a 21 alimentados com quatro calcários e quatro níveis de cálcio na ração

Fonte	Nível Ca (%)						
	Índice Seedor (mm)				Efeito		CV (%)
	0,40 <sup>1</sup>	0,62	0,84	1,06			
A		70,47 <sup>bB</sup>	74,49 <sup>aAB</sup>	76,39 <sup>aA</sup>	<b>73,78a</b>	ns	6,65
B		79,85 <sup>aA</sup>	73,99 <sup>aA</sup>	75,21 <sup>aA</sup>	<b>76,35a</b>	Q	
C		74,89 <sup>bAB</sup>	70,06 <sup>aB</sup>	76,15 <sup>aA</sup>	<b>73,70a</b>	ns	
D		71,31 <sup>bA</sup>	75,59 <sup>aA</sup>	75,75 <sup>aA</sup>	<b>74,22a</b>	ns	
<b>Média</b>	<b>69,78b</b>	<b>74,14a</b>	<b>73,54a</b>	<b>75,88a</b>			
	Resistencia Óssea (kgf <sup>2</sup> )						
		0,62	0,84	1,06	Efeito		
A		22,81 <sup>bA</sup>	20,05 <sup>bB</sup>	23,34 <sup>aA</sup>	<b>22,07b</b>	Q	5,12
B		25,37 <sup>aA</sup>	22,61 <sup>aB</sup>	21,46 <sup>bB</sup>	<b>23,15a</b>	Q	
C		22,47 <sup>bA</sup>	22,03 <sup>aA</sup>	21,16 <sup>bA</sup>	<b>21,88b</b>	Q	
D		19,17 <sup>cB</sup>	21,66 <sup>aA</sup>	21,75 <sup>bA</sup>	<b>20,86c</b>	Q	
<b>Média</b>	<b>17,16b</b>	<b>22,45a</b>	<b>21,59b</b>	<b>21,92ab</b>			
	Peso da Tíbia (g)						
		0,62	0,84	1,06	Efeito		
A		5,02 <sup>bB</sup>	5,37 <sup>aAB</sup>	5,49 <sup>aA</sup>	<b>5,29ab</b>	ns	7,35
B		5,86 <sup>aA</sup>	5,29 <sup>aB</sup>	5,38 <sup>aB</sup>	<b>5,51a</b>	Q	
C		5,37 <sup>bA</sup>	4,97 <sup>bB</sup>	5,43 <sup>aA</sup>	<b>5,26b</b>	ns	
D		5,00 <sup>bB</sup>	5,48 <sup>aA</sup>	5,43 <sup>aA</sup>	<b>5,30ab</b>	ns	
<b>Média</b>	<b>4,95b</b>	<b>5,32a</b>	<b>5,22a</b>	<b>5,44a</b>			
	Cinzas (%)						
		0,62	0,84	1,06	Efeito		
A		48,88 <sup>a</sup>	48,41 <sup>a</sup>	48,52 <sup>a</sup>	<b>48,60a</b>	ns	2,98
B		49,48 <sup>a</sup>	48,40 <sup>a</sup>	48,85 <sup>a</sup>	<b>48,90a</b>	ns	

C	48,99 <sup>a</sup>	46,01 <sup>a</sup>	47,10 <sup>a</sup>	<b>47,36a</b>	<b>ns</b>
D	47,50 <sup>a</sup>	47,80 <sup>a</sup>	48,34 <sup>a</sup>	<b>47,71a</b>	<b>ns</b>
<b>Média</b>	<b>47,95a</b>	<b>48,71a</b>	<b>47,65a</b>	<b>48,20a</b>	

<sup>1</sup>0,40= nível de cálcio basal;

<sup>2</sup>kgf= quilograma força.

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0.01$ );

Médias seguidas por letras diferentes minúsculas na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK;

Médias seguidas por letras diferentes maiúsculas na linha diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK;

<sup>3</sup>ns= não significativo

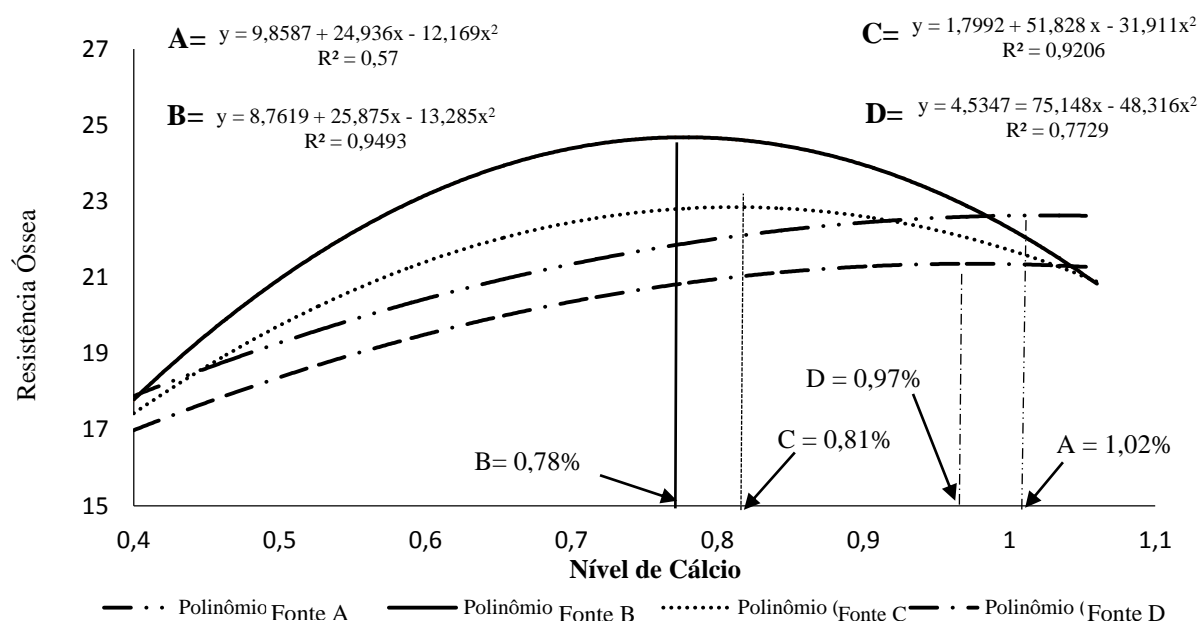
O aumento dos níveis de cálcio dietético a partir da suplementação da dieta basal com o calcário A aumentou de forma quadrática a resistência óssea até o nível de 1,02% de cálcio na ração ( $P \leq 0,01$ ) ( $\hat{Y} = 9,8587 + 24,936x - 12,169x^2$ ;  $R^2=0,57$ ). O calcário B afetou de forma quadrática a exigência de cálcio pelo índice Seedor ( $\hat{Y} = 48,178 + 75,048x - 47,779x^2$ ;  $R^2=0,50$ ) e resistência óssea ( $\hat{Y} = 4,5347 + 75,148x - 48,316x^2$ ;  $R^2=0,77$ ) com valor estimado de 0,78% de cálcio para ambas as variáveis ( $P \leq 0,01$ ). Quanto aos calcários C ( $\hat{Y} = 1,7992 + 51,828x - 31,911x^2$ ;  $R^2=0,92$ ) e D ( $\hat{Y} = 8,7619 + 25,875x - 13,285x^2$ ;  $R^2=0,94$ ) houve efeito quadrático apenas para resistência óssea com respectivas estimativas de exigência de cálcio de 0,92 e 0,94%. Na Figura 2 observam-se as diferentes estimativas de exigências de cálcio em função dos níveis de cálcio com a inclusão dos calcários nas rações. Na tabela 7 são apresentadas as variáveis, as equações, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e exigências de cálcio estimados a partir de diferentes variáveis.

**Tabela 7.** Equações,  $R^2$  e exigências de cálcio para frangos de corte de 8 a 21 dias

Fonte	Equação	$R^2$	Exigência%
<b>A</b>			
Peso final	$Y = 0,8960 + 0,4109x - 0,2531x^2$	0,86	0,81
Ganho de peso	$Y = 0,6981 + 0,4260x - 0,2634x^2$	0,82	0,81
Resistencia óssea	$Y = 9,8587 + 24,936x - 12,169x^2$	0,57	1,02
<b>Média</b>			<b>0,88</b>
<b>B</b>			
Peso final	$Y = 0,6686 + 1,2430x - 0,7903x^2$	0,87	0,76
Ganho de peso	$Y = 0,4833 + 1,1741x - 0,7696x^2$	0,86	0,76
Conversão alimentar	$Y = 1,4848 + 1,0216x - 0,7128x^2$	0,99	0,72
Eficiência Alimentar	$Y = 0,6704 + 0,6592x - 0,4721x^2$	0,98	0,70

Resistencia óssea	$Y = 4,5347 + 75,148x - 48,316x^2$	0,77	0,78
Índice Seedor	$Y = 48,178 + 75,044x - 47,779x^2$	0,50	0,78
<b>Média</b>			<b>0,75</b>
<b>C</b>			
Peso final	$Y = 0,8799 + 0,4698x - 0,2841x^2$	0,72	0,83
Ganho de peso	$Y = 0,6800 + 0,4876x - 0,2944x^2$	0,76	0,83
Resistencia óssea	$Y = 1,7992 + 51,828x - 31,911x^2$	0,92	0,81
<b>Média</b>			<b>0,82</b>
<b>D</b>			
Resistencia óssea	$Y = 8,7619 + 25,875x - 13,285x^2$	0,94	0,97
<b>Média</b>			<b>0,97</b>

O valor de exigência de cálcio de 1,20% estimado por Sá et al. (2004) pela resistência óssea em pintos de 1 a 21 dias de idade é muito mais alto que os valores estimados no presente trabalho, utilizando os diferentes calcários. Por outro lado, as diferentes exigências de cálcio estimadas pela resistência óssea para cada fonte apoiam a hipótese que os calcários influenciaram de forma distinta as exigências de cálcio dos frangos.



**Figura 2.** Regressões polinomiais da resistência óssea em frangos de 8 a 21 dias de idade em função dos níveis de cálcio das rações.



Os resultados do presente trabalho sugerem que tanto a deficiência quanto o excesso de cálcio afetam o desempenho (Tabela 4) e a resistência à quebra dos ossos (Tabela 6) dos pintos de corte na fase de 8 a 21 dias.

O nível mais baixo de cálcio (0,40%) reduziu o consumo de ração em 10% e o ganho de peso (Tabela 4) dos frangos em 6,7% em comparação com o nível de 0,62%, sendo mais provável que a deficiência dietética afetou a disponibilidade de cálcio para absorção, agravada pela formação de complexos com o fitato, além do antagonismo com o fósforo.

A baixa concentração sérica de cálcio induz a secreção do paratormônio pela glândula adrenal com aumento da reabsorção de cálcio ósseo pela maior atividade dos osteoclastos e menor dos osteoblastos. Progressivamente a matriz óssea tende a perder massa, torna-se porosa e quebradiça. Embora o PTH atue para reduzir a excreção renal e aumentar a absorção intestinal de cálcio essas medidas compensatórias podem não terem sido suficientes para atenuar a deficiência dietética de cálcio.

Enquanto o excesso de cálcio na ração piora a resistência a quebra da tíbia, provavelmente, por motivos diversos da deficiência de cálcio. No excesso segundo McDowell. (1992) o mecanismo homeostático protege as aves da absorção em excesso ou da toxidez, pois altos níveis de cálcio sérico estimulam a tireoide a secretar calcitonina e via paratireoide inibir o paratormônio, reduzindo a ativação renal da 1,25-dihidroxicolecalciferol, ações conjugadas que diminuem o nível de cálcio no plasma devido a menor mobilização óssea e menor absorção intestinal, respectivamente. Portanto, a concentração de cálcio nos ossos refere-se a um depósito dinâmico devido aos processos de remodelagem e renovação para ajuste do cálcio plasmático. Segundo Guo et al. (2008) excesso de cálcio (3,6) na dieta de frangos causa alcalose metabólica com aumento do pH, da concentração de bicarbonato e excesso de bases no sangue.

No presente trabalho não houve efeito de interação ( $P > 0,05$ ), assim como dos calcários e dos níveis de cálcio no teor de cinzas dos ossos. Também, não foi detectado nenhum caso de discondroplasia tibial e degeneração femoral ( $P > 0,05$ ), talvez tem função da idade jovem dos frangos que não permitiu o diagnóstico destas patologias do aparelho locomotor. Segundo Kusakawa. (1998) essas mensurações não são resultados de uma simples deficiência nutricional ou desequilíbrio, a maioria delas é de etiologia complexa e afetam animais mais velhos.

#### 4.6. Biodisponibilidade relativa do cálcio nas fontes calcárias

Na Tabela 8 encontram-se os resultados das equações lineares, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e as biodisponibilidade relativa de cálcio estimada pelas variáveis peso final, resistência óssea e índice Seedor para frangos de corte de 8 a 21 dias de idade.

As relações entre os coeficientes das regressões lineares dos calcários B, C e D e os coeficientes das regressões do carbonato de cálcio (fonte A), considerada a fonte padrão com cálcio, teoricamente, 100% disponível, foram usadas para estimar as biodisponibilidades relativas de cálcio. O calcário B foi 5% mais disponível que o cálcio do carbonato de cálcio pelo peso final e a fonte C teve disponibilidade mais baixa (-34%). A fonte D apresentou disponibilidade do cálcio 32% abaixo da fonte A (Figura 3). Quanto à resistência óssea, o calcário B foi 50% mais disponível e o calcário C apresentou 90% e o D 80% de cálcio disponível comparado ao carbonato de cálcio (Figura 4). Sá et al. (2004) encontraram biodisponibilidade para o calcário calcítico pela resistência óssea de 107,70%. Quanto ao índice Seedor o calcário B, mais uma vez, apresentou disponibilidade superior em 9%, o calcário C inferior em 7% e o D em 26% (Figura 5).

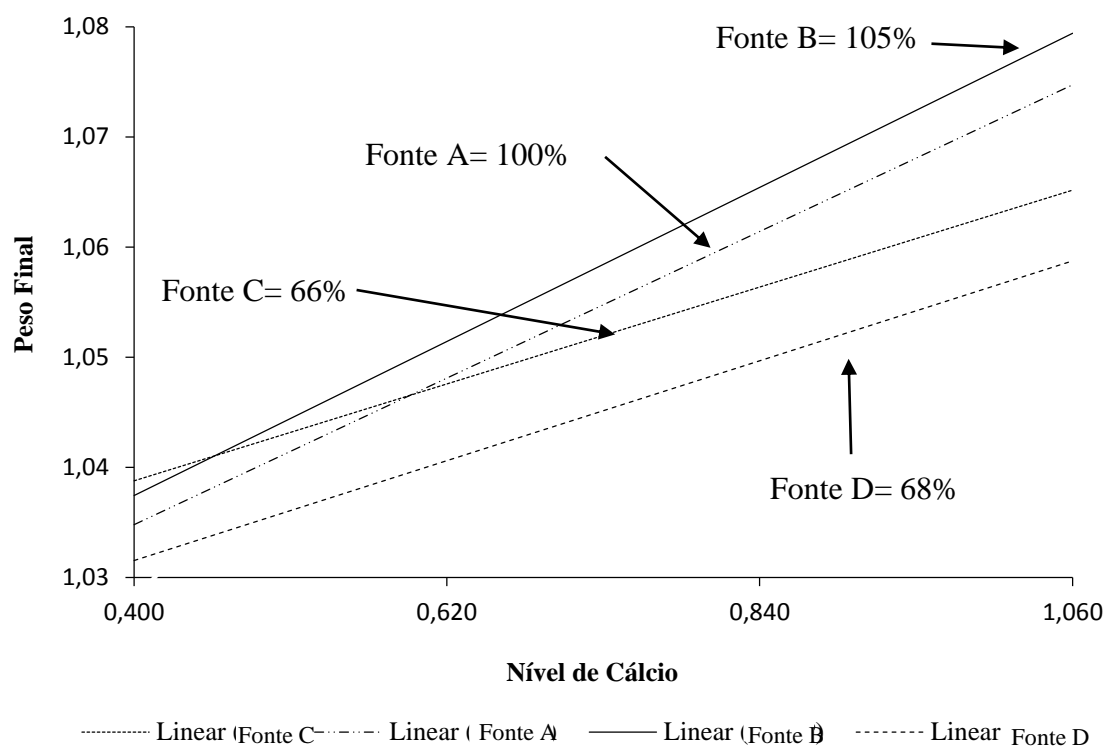
**Tabela 8.** Equações,  $R^2$  e biodisponibilidade de cálcio em calcários em frangos de corte 8 a 21 dias

Fonte	Equação	$R^2$	Biodisponibilidade (%)
<b>A</b>			
Peso final	$y = 0,0605x + 1,0106$	0,54	100
Resistência Óssea	$y = 8,1935x + 14,044$	0,42	100
Índice Seedor	$y = 9,5909x + 64,894$	0,78	100
<b>Média</b>			<b>100</b>
<b>B</b>			
Peso final	$y = 0,636x + 1,012$	0,73	105
Resistência Óssea	$y = 12,373x + 14,044$	0,42	150
Índice Seedor	$y = 10,477x + 67,911$	0,20	109
<b>Média</b>			<b>121</b>
<b>C</b>			
Peso final	$y = 0,04x + 1,0228$	0,46	66
Resistência Óssea	$y = 7,4263x + 14,594$	0,85	90

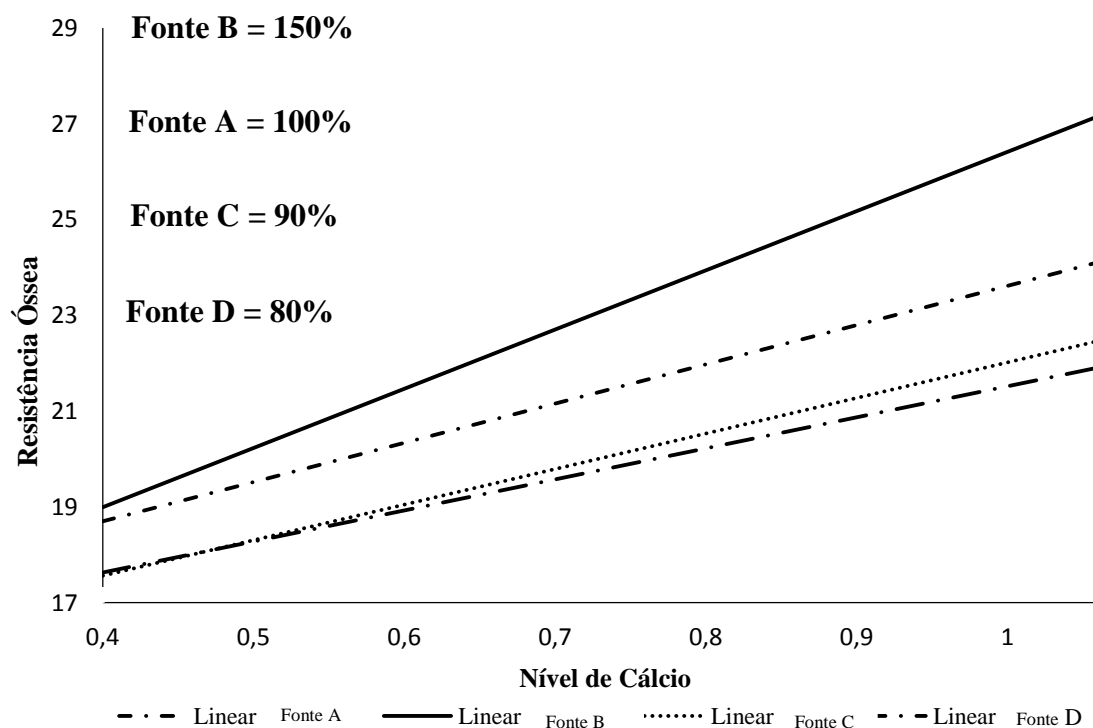
Índice Seedor	$y = 8,9578x + 67,213$	0,72	93
<b>Média</b>			<b>83</b>
<b>D</b>			
Peso final	$y = 0,0412x + 1,0151$	0,65	68
Resistência Óssea	$y = 6,4791x + 15,038$	0,82	80
Índice Seedor	$y = 7,0727x + 66,757$	0,98	74
<b>Média</b>			<b>74</b>

Em média a fonte B foi 21% mais disponível que o carbonato de cálcio (fonte A), enquanto as disponibilidades do cálcio das fontes C e D foram respectivamente inferiores 17 e 26% ao carbonato de cálcio. Sá et al. (2004) encontraram disponibilidade para o calcário calcítico de 82% da biodisponibilidade do carbonato de cálcio, que é compatível com o valor de biodisponibilidade estimado para a fonte C do presente estudo. Fatores físico-químico afetam a biodisponibilidade do cálcio, com isso, compromete e reduz a absorção do mesmo no lúmen intestinal (Vilar da Silva; Pascoal, 2014).

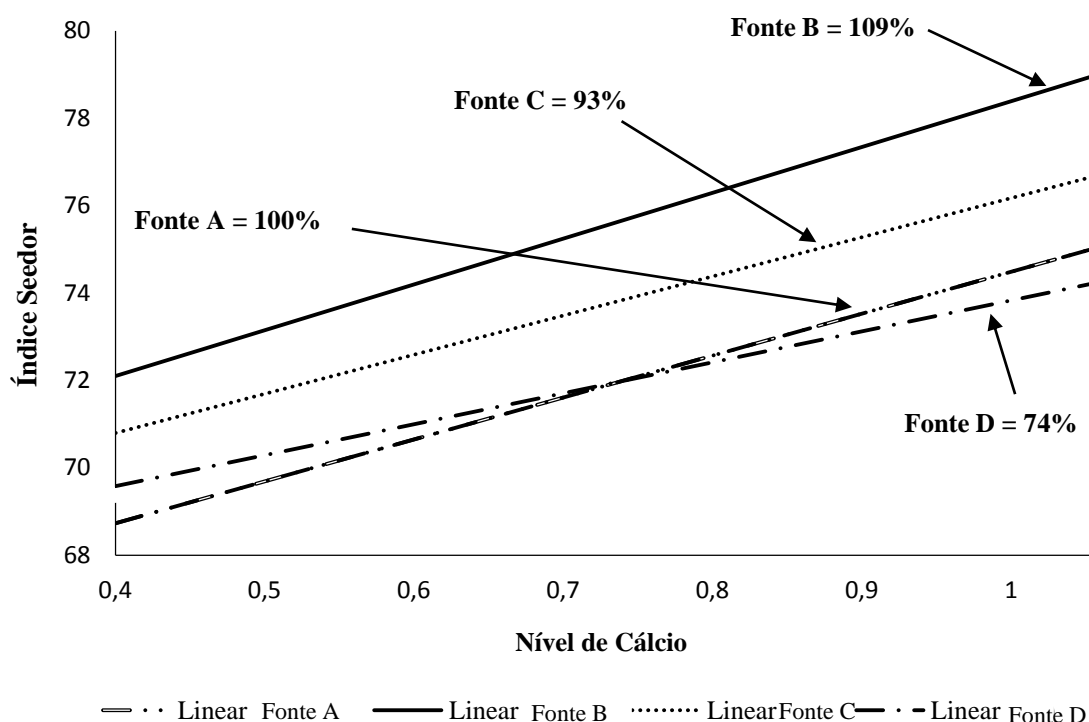
Um dos fatores que levou o calcário B ser mais biodisponível comparando as demais fontes calcárias (A, C e D) foi provavelmente a origem da jazida de rocha sedimentar, que ao ser moída produz uma partícula mais mole, porosa e de maior homogeneidade comparada aos outros calcários extraídos de jazidas metamórficas.



**Figura 3.** Regressões lineares de peso final para frangos de 8 a 21 dias de idade em função dos níveis de cálcio das rações.



**Figura 4.** Regressões lineares de resistência óssea em frangos de 8 a 21 dias de idade em função dos níveis de cálcio das rações.



**Figura 5.** Regressões lineares do Índice Seedor de frangos de 8 a 21 dias de idade em função dos níveis de cálcio das rações.

#### 4.7. Viabilidade econômica da alimentação

A viabilidade econômica não foi afetada ( $P > 0,05$ ) pelas fontes calcárias, para a renda bruta média (RBM) o melhor resultado foi constatado no nível 0,62% de cálcio cerca de 0,10 superior ao nível de 1,06% de cálcio. O custo médio de arraçamento (CMA) foi praticamente o mesmo para todos os tratamentos. A margem bruta média (MBM) para o nível de 0,62% de cálcio da fonte B foi 0,5 maior comparando aos demais tratamentos. Na rentabilidade média (RM), os níveis de 0,62 e 0,84% de cálcio da fonte B apresentou os melhores resultados. Para o índice de relativo de rentabilidade (IRR) o nível de 0,62 da fonte B foi em torno de 2% superior aos demais níveis analisados. O custo de ração (CR) foi semelhante para todos os tratamentos (Tabela 9).

**Tabela 9.** Viabilidade econômica da alimentação de frangos de corte de 08 a 21 dias de idade

Fontes	Níveis %	RBM <sup>1</sup>	CMA <sup>2</sup>	MBM <sup>3</sup>	RM <sup>4</sup>	IRR <sup>5</sup>	CR <sup>6</sup>
--------	----------	------------------	------------------	------------------	-----------------	------------------	-----------------

	R\$/kg				%		R\$
Basal	0,40	2,91	1,5	1,41	100,3	94,73	1,5587
A	0,62	3,05	1,57	1,47	99,14	93,33	1,5483
A	0,84	3,01	1,54	1,46	102,81	94,73	1,5488
A	1,06	2,97	1,52	1,44	102,93	95,08	1,5493
B	0,62	3,13	1,58	1,54	105,65	97,74	1,5479
B	0,84	3,03	1,54	1,48	105,86	95,68	1,5481
B	1,06	3,07	1,58	1,47	100,68	92,66	1,5482
C	0,62	3,04	1,58	1,46	100	92,66	1,5482
C	0,84	3,03	1,58	1,45	100	92,03	1,5485
C	1,06	3,03	1,57	1,45	100	92,05	1,5489
D	0,62	3,04	1,55	1,49	103,58	95,79	1,5481
D	0,84	3,04	1,56	1,48	104,45	94,5	1,5483
D	1,06	2,99	1,53	1,45	103,02	94,81	1,5485
P-value		0,5611	0,5573	0,7609	0,9406	0,9256	
CV (%)		4,39	4,6	5,95	6,04	7,67	

<sup>1</sup>RBM - Renda Bruta Média, RBM= Peso médio vivo do frango x Preço do Frango;

<sup>2</sup>CMA - Custo médio de arração, CMA= (Custo da Ração inicial x custo da ração) + (CR final x custo ração);

<sup>3</sup>MBM - Margem Bruta Média, MBM= RBM – CMA

<sup>4</sup>RM - Rentabilidade Média, RM= MBM/CMA x 100

<sup>5</sup>IRR - Índice Relativo de Rentabilidade, IRR= RM do tratamento/RM tratamento controle x 100

<sup>6</sup>CR - Custo da ração por kg/kg.

As análises de viabilidade econômicas não mostraram influência significativa entre os níveis e as fontes estudadas, considerando que a qualidade dos calcários utilizadas variou pouco entre as rações e não teve influência significativa nos preços. Além disso, os preços do calcário e do inerte são baixos em relação aos outros ingredientes como milho e farelo de soja.

Apesar disso, o fator de produção estimado para os frangos alimentados com o calcário B, superou ( $p \leq 0,05$ ) o fator de produção dos frangos recebendo o calcário D (Tabela 10).

**Tabela 10.** Fator de produção e viabilidade de frangos de corte 8 a 21 dias alimentado com ração contendo quatro fontes calcárias em quatro níveis de cálcio

Nível cálcio (%)
Fator de Produção

Fonte	0,40	0,62	0,84	1,06	Média	CV (%)
A		507,02	503,01	505,48	505,17ab	
B		556,31	535,65	489,29	527,08a	8,25
C		511,25	491,99	482,84	495,36ab	
D		485,27	468,57	458,99	470,94b	
<b>Média</b>	<b>470,08b</b>	<b>514,96a</b>	<b>499,81ab</b>	<b>484,15b</b>		
Viabilidade (%)						
A		100	100	96,2	98,7	
B		99	98,5	97,7	98,4	2,97
C		100	97,6	99	98,7	
D		100	98,4	100	99,4	
<b>Média</b>	<b>100</b>	<b>99,7</b>	<b>98,6</b>	<b>98,2</b>		

Os resultados de viabilidade (Tabela 10) (98,04%) não foram afetados pelos calcários e pelos níveis de cálcio de ração ( $P > 0,05$ ). Entretanto, os maiores valores absolutos de viabilidades quando o calcário B foi usado nas rações explica o maior valor de fator de produção (527,08) obtido com este calcário comparado aos calcários A (505,17), C (495,36) e D (470,94). O maior valor de fator de produção com o calcário B na dieta é o que proporciona melhor eficiência produtiva para indústria e maior remuneração para o integrado.

## 5. CONCLUSÕES

A origem de rochas calcária tem implicações na granulometria, solubilidade, biodisponibilidade e exigência de cálcio para frangos de corte.

O calcário B tem mais cálcio, é mais solúvel e mais disponível que os calcários A, C e D.

A exigência de cálcio de 0,75% estimada com a suplementação de dieta com o calcário B é menor que os estimados com o calcário A de 0,88%, C de 0,82% e D de 0,97.

Sugere-se o calcário B como melhor fonte de cálcio na dieta de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, P. I. C. L. et al. Comparison of techniques for tibial dyschondroplasia assessment in broiler chickens. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.7, n.1, p. 27 – 31, 2005.
- ALMEIDA, P. I. C. L. Problemas locomotores e técnicas de mensuração. **Anais...** Conferência FACTA de Ciência e Tecnologia Avícola; 2008. Santos-SP, p.128-137.
- ANGEL, R. **Calcium and phosphorus requirements in broilers**. Proceedings of the international symposium on nutritional requirements of poultry and swine. Viçosa, Minas Gerais, Brasil. v.3, p.77-96, 2011.



ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS - AAFCO. **Official Publication. Champaign**, 2006.

BAKKALLI, R, et al., A magnitude da toxicidade de chumbo em frangos de corte. **Poultry Science**, v.74, 1995.

BARTON T. L. Relevance of water quality to broiler and turkey performance. **Poultry Science**, v. 75, p.854-856, 1996.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. 1 ed. Lavras: Editora UFLA, 2006, p.301.

BERTECHINI, A. G.; FASSANI, E. J. Macro e microminerais na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 1., 2001, Campinas, SP. **Anais...** Campinas: CBNA, 2001. p. 219-234.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**, 2 ed.Lavras: Editora UFLA, 2012, p.373.

BRITO, J. A. G.; BERTECHINI, A. G.; FASSANI, E. J.; RODRIGUES P. B.; LIMA, E. M. C.; MENEGHETTI, C. Efeito da vitamina D3 e 25-hidroxicolecalciferol sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e a morfologia intestinal de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2656- 2663, 2010.

CABRAL, G. H. **Níveis de cálcio em rações para frango de corte**. 1999. Tese (doutorado em zootecnia) - Universidade de viçosa - UFV, 1999. Campinas.

COBB 500®, **Suplementos de nutrição e desempenho do frango de corte**. L-2114-07 PT, p14. Julho, 2015.

EDWARDS, J. R., H. M.; ELLIOT, M. A.; SOONCHARERNYING, S. Effect of dietary calcium in tibial dyschondroplasia. Interaction with light, cholecalciferol, 1,25-dihydroxycholecalciferol, protein and synthetic zeolity. **Poultry Science**, v.71, p.2041-2055, 1992.

EMIL, L. S. **Princípios da bioquímica**. Rio de Janeiro, 1988. P.384-406.

- EUCLYDES, R. F.; ROSTAGNO, H. S. **Estimativas dos níveis nutricionais via experimentos de desempenho.** In: WORKSHOP LATINO-AMERICANO AJINOMOTO BIOLATINA, 2001, Foz do Iguaçu, p.77-88, 2001.
- FASSANI, E. J.; BERTECHINI, A. G.; KATO, R. K.; FIALHO, E. T.; GERALDO, A. Composição e solubilidade in vitro de calcários calcíticos de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 4, p. 913-918, 2004.
- FIALHO, E.T.; BARBOSA, H.P.; BELLAYER, C. et al. et al. Avaliação nutricional de algumas fontes de suplementação de cálcio para suínos-biodisponibilidade e desempenho. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.21, n.5, p.891-905, 1992.
- FINNEY, D.J. 1968. **Experimental design and statistical basis**, Chicago: University of Chicago, 169p.
- FREITAS, Eduardo De. **"Tipos de Rochas"**; Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/tipos-rochas.htm>>. Acessado em: 16 de setembro de 2016.
- GUINOTTE, F.; NYS, Y. The effects of particle size and origin of calcium carbonate on performance and ossification characteristics in broiler chicks. **Poultry Science**, v.70, p.1908- 1920, 1991.
- GUO, X, et al. High Dietary Calcium Causes Metabolic Alkalosis in Egg-Type Pullets. . **Poultry Science**, v.87, p.1353-1357, 2008.
- KOCHE, A, et al., Análise de corretivos agrícolas. São Paulo: **Associação Nacional para difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas**, 1989. 30 p.
- KRABBE, E. L, et al., Variabilidade da Granulometria e Composição Química de Calcários Brasileiros. **Comunicado técnico**, Concórdia – SC. v.517, 2014.
- KUSSAKAWA, K, C, K. Discondroplasia tibial em frangos de corte: aspectos nutricionais. **Revista Ciência Saúde Unipar**, v.2(3), p.275-285, 1998.

- MACARI M, FURLAN RL, GONZÁLES E. Ingestão de alimentos: Mecanismos regulatórios. In: Macari M, Furlan RL, Gonzáles E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: Ed. Funep; 2002. v.2, p.187- 192.
- MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, L. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal, FUNEP/UNESP, 2002. 375p.
- MACARI, M.; FURLAN, R. L; GONZALES, E. **Fisiologia aviaria aplicada a frangos de corte**. 2. Ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2008. 168 p.
- MAYNARD, L.A.; LOOSLY, J.K.; HINTZ, H.F. et al. **Nutrição animal**. 3.ed., Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. 736 p.
- McDOWELL, L. R. **Minerals in Animal and Human Nutrition**. New York: Academic Press, 1992. 523p.
- MELO, T. V.; MOURA, A. M. A. Utilização da farinha de algas calcárias na alimentação animal. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, p. 99-107, 2009.
- MENDONÇA JÚNIOR, C. X. **Deformidades das pernas em frangos de corte**. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 1990.
- MONIZ, A.C. **Reservas e ocorrência de rochas calcárias no Brasil. Acidez e calagem no Brasil**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1983. p. 1-9.
- MUNIZ, E. B. et al. **Avaliação de fontes de cálcio para frangos de corte**. Caatinga, v. 20, n. 1, p. 5-14, 2007.
- NRC - National Research Council, **Nutrient requirements of poultry**. Washington: National Academy Press, 8th revised ed., 1984.
- NRC - National Research Council, **Nutrient requirements of poultry**. Washington: National Academy Press, 9th revised ed., 1994.

- NRC-**Nutrient requirements of poultry**. Ninth Revised Edition, 1994, National Academy Press, Washington D.C.
- PARK, S. Y.; BIRKHOLD, S. G.; KUBEN, L. F.; NISBET, D. J. AND RICKE, S. C. Effect of storage condition on bone breaking strength and bone ash in laying hens at different stages in production cycles. **Poultry Science**. v.82, p.1688–1691. 2003.
- PINHEIRO, S. R. F, **Níveis de fósforo, de cálcio e de cloreto de sódio para aves de linhagens de crescimento lento criadas em sistema semi-confinado**. 2009. 116 f. Tese (Doutorado em zootecnia) – Unesp/SP, Jaboticabal, 2009.
- PRITZL, M. C., Y. H. Lie, E. W. Kienholz, and C. E. Whitemain. The effect of dietary cadmium on development of young chicks. **Poultry Science**, v.53, p.2026–2029, 1974.
- RAO, K. S., AND D. A. ROLAND. Improved limestone retention in the gizzard of commercial Leghorn hens. **J. Appl. Poult. Res.** 1:6–10, 1992.
- RAO, S.V.R.; PANDA, A.K.; RAJU, M.V.L.N. et al. Requirement of calcium for commercial broilers and white leghorn layers at low dietary phosphorus levels. **Animal Feed Science and Technology**, v. 106, p.199- 208, 2003.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J.L. GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. AND EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2011.
- SÁ, L. M, et at. Exigência Nutricional de Cálcio para Frangos de Corte, nas Fases de Crescimento e Terminação. Universidade Federal de Viçosa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.2, p.397-406, 2004.
- SCHOULTEN, N.A; TEIXEIRA, A. S.; FREITAS, R. T. F.; BERTECHINI et al. Níveis de cálcio em rações de frangos de corte na fase inicial suplementadas com fitase. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1190-1197, 2003

- SAKOMURA, N. K; SILVA, H. V. et al. **Nutrição de não ruminantes: função e disponibilidade dos minerais**. Unespe, Câmpus de Jaboticabal: Funep, 2014. P 127 – 142.
- SANTOS, L. M. et al., Níveis de cálcio e fósforo disponível em rações com fitase para frangos de corte nas fases pré-inicial e inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.11m p.2476-2485, 2011.
- SAS. 2011. SAS STAT 9.3. User's' Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. p.261.
- SEEDOR, J. G.; QUARTUCCIO, H. A.; THOMPSON, D. D. The biophosphonate alendronate (MK – 217) inhibits bone loss due to ovariectomy in rats. **Journal of Bone and Mineral Research**, v. 6, n.4, p. 339-346, 1991.
- SILVA, A, N. **Diferentes fontes e granulometria do calcário na ração de frango de 8 a 22 e 33 a 42 de idade**. 2017. 47f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- SILVA, D. J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1998. 165p.
- SILVA, D. J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3. ed. 6ª reimpressão. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2012. 235p.
- SOUSA, J. P. L. The Effect of Dietary Phytase on Broiler Performance and Digestive, Bone, and Blood Biochemistry Characteristics. **Brazilian Journal of Poultry Science**. v.17, n.1, p.69-76, 2015.
- TOGASHI, C. K. **Teores de colesterol e ácidos graxos em tecidos e soro de frangos de corte submetidos a diferentes programas nutricionais**. 2004. 97 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – UENF/ RJ, Campos dos Goytacazes, 2004.

- VIEITES, F.M; MORAES, G.H.K; ALBINO, L.F.T. et al. Balanço eletrolítico e níveis de proteína bruta sobre o desempenho de pintos de corte de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira. Zootecnia**, v.33, supl. 2, p.2076-2085, 2004.
- VILAR DA SILVA; PASCOAL. Função e Disponibilidade dos Minerais. Sakomura, N. K. et al., **Nutrição de não ruminantes**. São Paulo – Jaboticabal, 2014. p.128-141.
- VODELA, J. K. Drinking water contaminants (arsenic, cádmium, lead, benzene, and trichloroethylene). 1 . Interaction of contaminants with nutrition status on general performance and imune function in broiler chickens. **Poultry Science**, v.76, p.1474-1492. 1997.
- WALDROUP, P. W. Bioassays remain necessary to estimate phosphorus, calcium bioavailability. **Feedstuffs**, v.68, p.13-20, 1996.
- WALK, C. L.; BEDFORD, M. R.; MCELROY, A. P. In vitro evaluation of limestone dicalcium phosphate, and phytase on calcium and phosphorus solubility of corn and soybean meal. **Poultry Science**, v. 91, n. 3, p. 674 – 682, 2012.
- WEGLARZ, M. P.; ANGEL, R. Calcium and phosphorus matabolism in broilers: effect of homeostatic mechanism on calcium and phosphorus digestibility. **Journal of Applied Poultry Research**. v. 22 n. 3, p. 609-627, 2013.
- WIDMAN JUNIOR, R. F. Renal regulation of avian calcium and phosphorus metabolismo. **Journal of Nutrition**, v. 117, p. 808-815, 1987.
- ZANOTTO, D. L. et al. **Granucalc**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2013. 1 Software de Granulometria.
- ZANOTTO, D. L.; BELLAVER, C. **Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves**. Concórdia: EMBRAPA- -CNPSA, Comunicado Técnico, 215.1996, 5 p.

ZHANG, B.; COON, C. The relationship of calcium intake, source, size, solubility in vitro and in vivo, and gizzard limestone retention in laying hens. **Poultry Science**, v. 76, p. 1702– 1706, 1997.